

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Stanovení vlivu přísad na čistotu motorového oleje

Determination of the Influence of Additives
on the Engine Oil Purity

Student:

František Velech

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ladislav Hrabec, Ph.D.

Ostrava 2018

Zadání bakalářské práce

Student: **František Velech**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2301R023 Technická diagnostika, opravy a udržování
Téma: Stanovení vlivu přísad na čistotu motorového oleje
Determination of the Influence of Additives on the Engine Oil Purity
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Na základě požadavku zadavatele proveďte posouzení vlivu přísad (zvláště detergentů a dispersantů) na čistotu motorového oleje v provozu osobních automobilů, zejména v souvislosti s výměnou oleje při pravidelných prohlídkách.

V rámci zadání zpracujte:

1. Analýzu a rešerši problematiky motorových olejů v provozu osobních automobilů.
2. Určení vlivu přísad, zejména detergentů a dispersantů, na čistotu olejové náplně motoru osobního automobilu, tvorbu úsad, kalů a jejich následného vlivu na životnost oleje a motoru automobilu.
3. Na základě odběrů a rozborů motorových olejů provedených během servisní prohlídky zhodnoťte vliv přísad (detergentů a dispersantů) na čistotu motorového oleje. Je doporučeno hodnocení vzorku starého a nového oleje před výměnou a dále nového oleje během provozu ve vhodně stanovených intervalech.
4. Závěrečné zhodnocení problematiky čistoty olejové náplně motoru osobního automobilu s ohledem na daný druh přísad.

Další pokyny a informace poskytne konzultant bakalářské práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

- ŠAFR, E. *Tribotechnika*. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1984. 300 s. 04-243-84.
PEŤKOVÁ, Viera a Jozef STOPKA. *Tribotechnika v teórii a praxi*. Košice: Viena pre TU v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2012. 366 s. Edícia vedeckej a odbornej literatúry. ISBN 978-80-8126-057-5.
MATĚJOVSKÝ, V., NOVÁK, K. a K. J. NĚMEC. *Spalovací motory III*. 3. přeprac. vydání, Praha : Vydavatelství ČVUT, 1994. 165 s. ISBN 80-01-01116-X.
PAPOUŠEK, M. A P. ŠTĚRBA. *Diagnostika spalovacích motorů*. 2. aktualiz. vydání, Brno : Computer Press, 2007. 223 s. ISBN 978-80-251-1697-5.
GSCHEIDLE, Rolf a kol. *Příručka pro automechanika*. 3. přeprac. vyd. Praha: Europa-Sobotáles, 2007. 685 s. ISBN 978-80-86706-17-7.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ladislav Hrabec, Ph.D.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 21. května 2018

.....

podpis studenta

Prohlašuji že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů že tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 21. května 2018

.....
podpis studenta

František Velech

Fulnek

Děrné 48

742 45

Anotace

VELECH, F. *Stanovení vlivu přísad na čistotu motorového oleje*: bakalářská práce. Ostrava, VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2018, 49 s. Vedoucí práce: Ing. Ladislav Hrabec, Ph.D.

Bakalářská práce se zaměřuje na problematiku čistoty motorového oleje ve spalovacích motorech. Použitím nástrojů technické diagnostiky je olej sledován po celou dobu životnosti olejové náplně. Začátek práce popisuje způsoby zjištění základních vlastností a parametrů maziva. Další část je věnována popisu a technickým řešením sledovaného vozidla. Dále je popsán olej, použitý ve sledovaném voze. Praktická část je vyhrazena výsledkům měření, které byly vykonány. Závěrečná část se zabývá vyhodnocením naměřených údajů, možné příčiny vzniku extrémních hodnot a doporučení pro další provoz.

Klíčová slova: tribodiagnostika, motorový olej, čistota motorového oleje

VELECH, F. *Determination of the Influence of Additives on the Engine Oil Purity*: Bachelor Thesis, Ostrava VŠB – Technical university of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2018, 49 p. Thesis head: Ing. Ladislav Hrabec, Ph.D.

Annotation

This Bachelor thesis focuses on the issue of purity of motor oil in combustion engines. By the use of technical diagnostic tools is the oil monitored throughout the entire life cycle of the oil filling. The beginning of the thesis describes the methods of essential characteristics and parameters of the lubricant. The next part is dedicated to the description and the technical modality of the monitored vehicle. Further on, the oil used in the monitored vehicle is described. The practical part focuses on the results of the measurements made. The conclusion then consists of the measured data, the possible reasons of appearance of extreme value results and recommendations for further operations.

Key words: tribodiagnostic, motor oil, purity of motor oil

Obsah

Úvod.....	11
1. Problematika motorových olejů.....	12
1.1. Funkce maziva	12
1.2. Aditiva v oleji.....	13
1.2.1. Druhy aditiv	14
2. Sledované parametry oleje.....	18
2.1. Viskozita	18
2.2. Bod vzplanutí	20
2.2.1. Bod vzplanutí a hoření v otevřeném kelímku	20
2.3. Obsah vody.....	21
2.3.1. Stanovení hmotnostního obsahu vody	22
2.4. Stanovení čísla kyselosti	23
2.4.1. Číslo celkové kyselosti (TAN)	23
2.5. Mechanické nečistoty	24
2.5.1. Gravimetrie	24
2.5.2. Kód čistoty	25
2.6. Spektrální analýzy	25
2.6.1. Metoda ATR	26
2.6.2. Rentgenová spektrometrie ED – XRF	27
3. Sledované vozidlo – Škoda Roomster	28
3.1. Škoda Roomster z pohledu historie.....	28
3.1.1. Karosérie	28
3.1.2. Motory	29
3.2. Motor 1,4 MPI- 63 kW - motor sledovaného vozidla	29
3.3. Popis provozu sledovaného vozidla Škoda Roomster	31

4.	Praktické zkoušky motorového oleje Castrol Edge 5W – 40	32
4.1.	Odběr vzorku pro analýzu.....	32
4.2.	Odběr vzorku ze sledovaného vozidla	33
4.3.	Zkoušky jednotlivých vzorků.....	34
4.3.1.	Referenční vzorek	34
4.3.2.	Vzorek č. 1 při 223 327 km	35
4.3.3.	Vzorek č. 2 při 229 347 km	36
4.3.4.	Vzorek č. 3 při 235 696 km	37
4.3.5.	Vzorek č. 4 při 238 816 km.	38
4.4.	Vyhodnocení výsledků rozborů	39
5.	Závěr	43
	Seznam zdrojů:	45
	Seznam obrázků.....	47
	Seznam tabulek.....	48
	Seznam příloh	49

Seznam použitých veličin

Kinematická viskozita	ν	$[\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}]$
Teplota	T	$[^\circ\text{C}]$
Hmotnostní obsah vody	-	$[\%]$
PPM (parts per milion)	-	$[\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}]$
Mechanické nečistoty	-	$[\text{mg} \cdot 100\text{cm}^{-3}]$
Celkové číslo kyselosti	-	$[\text{mg} \cdot \text{KOH} \cdot \text{g}^{-1}]$
Konstanta viskozimetru	c	$[-]$
Výkon	P	$[\text{kW}]$
Tlak	p	$[\text{hPa}]$
Čas	t	$[\text{s}, \text{min}]$
Délka	L	$[\mu\text{m}, \text{nm}, \text{km}]$
Objem	V	$[\text{l}, \text{cm}^3]$
Hmotnost	m	$[\text{g}, \text{mg}]$

Seznam použitých zkratk

ČSN	Česká státní norma
ISO	International Organization for Standardization (Mezinárodní organizace pro normalizaci)
EN	Evropská norma
NAS	National Aerospace standard (Národní letecký standard)
TAN	Total Acid Number (celkové číslo kyselosti)
TBN	Total Base Number (celkové číslo alkality)
KOH	hydroxid draselný
FTIR	Fourier Transform Infrared (rychlá Fourierova transformace infračerveného záření)
ATR	Attenuated Total Reflectance (zeslabení totálního odrazu)
MPV	Multi Purpose Vehicle (víceúčelové vozidlo)
VW	Volkswagen
MPI	Multi Point Injection (vícebodové vstřikování)
V	Ventily
DOHC	Double Over Head Camshaft (dvě vačkové hřídele v hlavě válců)
ED – XRF	Energy Dispersive X-ray Fluorescence (Energiově disperzní rentgenová fluorescence)

Úvod

Moderní pohonné jednotky automobilů jsou velice výkonná a choulostivá zařízení. Jsou na ně kladeny vysoké nároky ve všech myslitelných podmínkách, které mohou během provozu nastat. Příkladem extrémní zátěže mohou být časté studené starty, požadavek na vysoký výkon i při studeném motoru, nízké hodnoty emisí. Motor automobilu je proto konstruován pro maximální spolehlivost. Jinými slovy, kdykoliv se posadíme za volant a otočíme klíčkem, motor musí za všech okolností nastartovat. Od severního polárního kruhu, přes pralesní vysokou vlhkost, až po vyschlé pouště s extrémními teplotami. Všechny tyto aspekty kladou extrémní požadavky na použité komponenty v motoru, mezi které patří také motorový olej.

Olej musí být čerpatelný za nízkých teplot. Naopak při vysokých teplotách a extrémním dodáváním výkonu motoru nesmí docházet k narušení mazacího filmu, což by vedlo k nadměrnému opotřebení. Pro tyto požadavky by samotný základový olej neobstál. Je tedy nutné použít syntetické oleje s vylepšenými vlastnostmi. Pro zlepšení parametrů oleje se využívají tzv. aditiva. Jedná se o přídavné látky, které vylepšují stávající vlastnosti. Olej nesmí poškozovat samotný motor. Je nutné, aby měl odpovídající čistotu a neobsahoval cizí částice vznikající při spalování. Tomu však nelze zcela zabránit. Pro minimalizaci množství takových částic v oleji se využívají rozptylové a rozpouštěcí přísady, jinými slovy detergenty a disperzanty, které zabraňují ukládání karbonových částic na stěnách funkčních ploch. Částice jsou rozptýleny do celého objemu náplně oleje, čímž je zabráněno tvorbě usazenin a kalů.

Cílem práce je získat informace o fyzikálních změnách olejové náplně ve spalovacím motoru po dobu její životnosti. Hlavní sledovaný parametr bude samotná čistota oleje. Pro získání sledovaných parametrů bude využito nástrojů tribotechnické diagnostiky.

Nedílnou součástí práce bude popis vlastností maziv, jejich parametrů a možnosti jejich zjištění. Dále budou uvedeny informace o sledovaném vozidle, jeho parametrech, způsobu provozu, oblastech využití atd. Praktická část bude věnována rozborům odebraných vzorků motorového oleje v závislosti na čase, jejich hodnocením a doporučením pro další provoz.

1. Problematika motorových olejů

Motorový olej je jeden ze základních konstrukčních prvků spalovacího motoru. Jeho kvalita zásadně ovlivňuje celkovou spolehlivost mazací soustavy. Úkoly motorového oleje jsou např. vymezení výrobních vůlí, mazání pohyblivých součástí motoru, chlazení, zamezení koroze, těsnit, přenášet síly, odvod otěrových částic.

Moderní čtyřtákní motory využívají paralelní tlakové oběhové mazání, tzn. čerpání oleje do centrálního kanálu a odtud je rozváděn k jednotlivým mazacím místům. Výhodou je totožný tlak na všech mazacích místech. U starších typů vozidel nebo tanků se využívá sériové mazání. Olej prochází postupně všemi ložisky klikového hřídele. Nevýhoda sériového mazání spočívá v odlišném tlaku oleje v ložiscích. [1] [5]

1.1. Funkce maziva

Hlavním úkolem maziva je oddělit dvě vzájemně se pohybující součásti. Mazivo musí splňovat požadavky jako:

- **Snížovat opotřebení.** V ideálním případě vytvořit kapalinové tření, což minimalizuje míru opotřebení. Olej tak musí vytvořit dostatečně silný mazací film, aby nedocházelo k meznímu nebo suchému tření. To vzniká hlavně při studeném startu a dlouhé odstávce vozidla. Časté studené starty výrazně zvyšují opotřebení. Dokonce několikanásobně oproti startu motoru se zahřátým olejem na pracovní teplotu. Pro tyto vysoké nároky si začali různí výrobci vytvářet vlastní normy pro oleje. Tím si zajišťují určitou kvalitu, kterou výrobci olejů dodržují a deklarují.

- **Odvádět teplo.** Olej dále plní funkci odvodu tepla. Mazivo v místě mazání přijímá teplo způsobené kapalinovým třením. Teplo je buď rozptýleno v olejové vaně nebo odváděno do výměníku.

- **Přenášet síly.** Tlak oleje nám umožní přenos síly na ovládací prvky, popřípadě přenos sil mezi součástkami.

- **Neutralizovat.** Při spalování uhlovodíku vznikají kyselé zplodiny. Olej musí tyto kyselé látky, které působí korozivně, neutralizovat. Výrobci se snaží o vytvoření dostatečné alkalické rezervy na celou dobu požadované životnosti náplně.

- **Termooxidační stálost.** Teplota oleje dosahuje v pracovní fázi i 130 °C. Při takto vysokých teplotách může docházet k oxidování oleje a tvorbě kalů.

- **Čistící schopnost.** Čistící schopnosti oleje zajišťují takzvané detergenty a disperzanty. Detergentní látky se starají o čistící schopnost. Disperzní látky se starají o dokonalé promísení nečistot v celé náplni. Tím nevznikají nebezpečné kalové úsady. Pokud zjistíme, že tyto látky jsou v náplni vyčerpány, je třeba ji vyměnit.

- **Tlumit vibrace a hluk.** Mazací vrstva dokáže díky své tloušťce pohltit relativně velké vibrace. S tím souvisí i hluk, což pomáhá dodržování stále přísnějších hlukových limitů.

- **Ochrana proti korozi.** Pokud je automobil po delší dobu odstaven, olej musí zajistit antikorozi ochranu všech dílů v motoru. Nesmí narušovat těsnění a nekovové materiály.

- **Malá odparnost.** V neposlední řadě se olej nesmí příliš odpařovat, jinak dochází ke ztrátám náplně v průběhu provozu. [1] [5]

1.2. Aditiva v oleji

Základové oleje jsou dnes velice kvalitní, ovšem pro provoz současných přesných a výkonných strojů jejich vlastnosti nestačí. Je potřeba zajistit, aby olej plnil svou funkci za každých podmínek, které při každodenním provozu mohou nastat. Proto se do oleje přidávají látky, vylepšující jejich vlastnosti, tzv. aditiva. Přidávají se do základového oleje v předem stanovených poměrech. Aditiva vylepšují základní vlastnosti základového oleje, zabezpečují funkční vlastnosti oleje i za náročných podmínek v provozu. Jsou tvořeny složitými organickými sloučeninami. Základní funkční vlastnosti dodávané aditivity:

- dostatečně silný mazací film, zabránění suchému až meznímu tření,
- odvádění tepla tvořeného u součástí vystavených tření,
- ochrana proti korozi a kyselým látkám tvořených při spalování,
- ochrana proti oxidaci za nízkých a vysokých teplot,
- odolnost proti tvorbě spékavých úsad na ploše pístu, pístních kroužků, ve spalovací komoře a na ventilech,
- zabránění tvorbě kalů,
- ochrana proti pěnění,
- zaručení dostatečné viskozity při studených startech a naopak při teplotě běžného provozu stroje,
- odolnost vůči mechanické degradaci,
- odolnost vůči odpařování,
- použitelnost při vysokých tlacích a zaručení dokonalého mazání,
- časová stálost při skladování,
- ochrana proti korozi,
- schopnost vyloučit a sedimentovat vodní kondenzát. [1] [5]

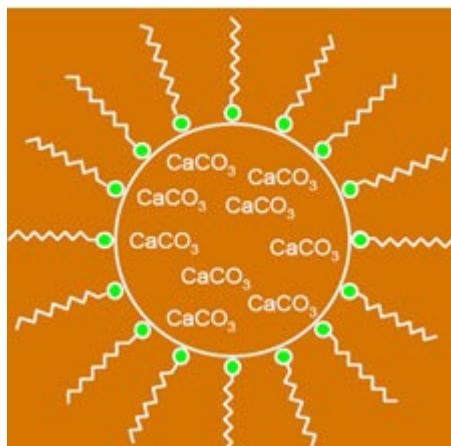
1.2.1. Druhy aditiv

• **Depresanty.** Pomáhají snižovat teplotu tuhnutí oleje. Při používání oleje do teploty $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, postačí odstranit ze základového oleje parafrínové složky. Pokud je z nějakého důvodu potřeba docílit teploty tuhnutí pod tuto hranici, je nutné použít depresanty. S nimi lze dosahovat teploty tuhnutí i pod hranici $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pracují na principu ztížení krystalizace parafrínových složek při nízkých teplotách. Při krystalizaci parafrínu dochází k navazování oleje na parafrínovou mřížku. V oleji se tak vytvoří jakési hrudky. Ty svou velikostí a početností radikálně ovlivňují viskozitu za nízkých teplot. V extrémním případě hrozí např. zanesení filtru těmito částicemi a znemožnění plnění funkce mazacího systému. Depresantní látky se váží na vytvořené mřížky parafrínů a zabráňují jejich zvětšování. Mřížky parafrínů pak nemají takovou velikost a tolik nezhoršují viskozitu v extrémně nízkých teplotách. Hlavní používané látky se nazývají polymethakryláty, které také slouží ke stabilizaci viskozitních parametrů. [1] [5]

- **Antioxidanty.** Zabraňují oxidaci oleje. Olej totiž reaguje se vzdušným kyslíkem, hlavně při vysokých teplotách. Výsledkem těchto chemických reakcí jsou např. aldehydy, organické kyseliny, ketony, volné radikály a peroxidy. Rychlost, jakou olej oxiduje, ovlivňuje spousta faktorů. Intenzita provzdušnění je jeden z hlavních, spolu s teplotou. Plocha oleje, kterou vystavíme vzdušnému kyslíku, oxiduje dvojnásobně při zvýšení teploty o každých 10 °C. Dále se jedná o přítomnost vody, která je v oleji ve stopovém množství vždy přítomna a podporuje oxidaci i při nízkých teplotách. V poslední řadě oxidaci podporují různé kovy (např. měď, olovo, železo), což jsou tzv. kovové katalyzátory. Samotná oxidace oleje mění jeho základní vlastnosti, jako je viskozita, kyselost, hustota, antikoroční účinky. Funkční proces antioxidantu je v zásadě dvojitý. První rozkládá peroxidy vznikající při provozu stroje. Druhý přerušuje řetězec radikálových reakcí v oleji. Oxidace je vážný problém v provozu oleje a nelze ji zcela zabránit. Jsme schopni ji jen dočasně oddálit pomocí antioxidantů. Dělíme je na nízkoteplotní a vysokoteplotní antioxidanty. Nízkoteplotní jsou aktivní do 150 °C. Obklopují produkty oxidace a zpomalí, popřípadě zastaví další oxidaci. Vysokoteplotní antioxidanty působí v teplotách nad 150 °C. [1] [5]

- **Pasivátory kovů.** Ulpí na třecí ploše kovové součásti. Brání v pronikání oxidů kovu do oleje. Používají se látky jako např. fenoly, alkylsulfidy, aromatické aminy a zinečnaté dithiofosfáty. [1] [5]

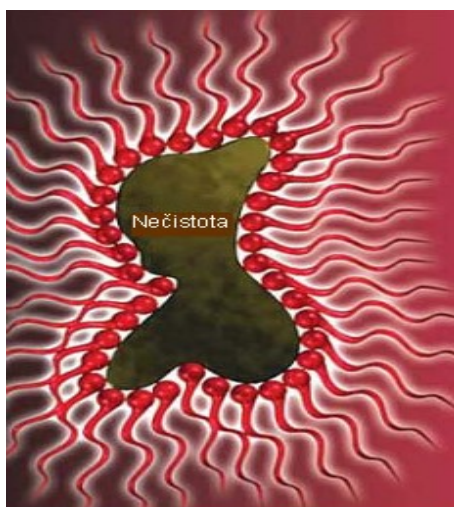
- **Detergenty.** Jsou látky, které brání usazování nečistot na vnitřních stěnách stroje. Zabraňují tvorbě karbonových povlaků v místech s menším průtokem oleje a brání tvorbě vysokoteplotních úsad ve spalovacím prostoru. Pokud detergentní látky nepracují správně, dochází k tvorbě karbonových usazenin např. v drážkách pístních kroužků. Poté může následovat tzv. zatuhnutí pístních kroužků a z toho vyplývající netěsnost spalovacího prostoru. Většinou se používají sulfonáty a salicyláty. Vždy obsahují vápník nebo hořčík. V praxi se používají společně s disperzanty, které dodávají další nezbytnou vlastnost. Na obrázku číslo 1 je zobrazena struktura detergentní látky. [1] [5] [11]



Obr. 1 Struktura detergentu [11]

Zdroj: <https://www.oleje.cz/clanek/Vlastnosti-motorovych-oleju---Detergenty-a-disperzanty>

- **Disperzanty.** Doplnují detergenty. Jejich hlavní součástí tvoří polymerní sloučeniny např. succinimidy. Úkolem disperzantů je rozptýlit veškeré nečistoty, které detergenty uvolnily z povrchu součásti. Nedovolují shlukování nečistot do větších rozměrů. Princip disperzních látek je jednoduchý. Každá molekula má dva konce, polární a nepochární. Polární konec molekuly se naváže na nečistotu. Nepochární konec napomáhá k dokonalé rozpustnosti v oleji. Díky těmto vlastnostem je nečistota obalena a izolována od ostatních. Velikost separovaných částic se pohybuje do desetin mikrometru. Částice větší než tato hranice způsobí narušení mazacího filmu a nadměrné opotřebení. Na obrázku číslo 2 je zobrazen princip disperzní látky. [1] [5] [11]



Obr. 2 Princip disperzní látky [11]

Zdroj: <https://www.oleje.cz/clanek/Vlastnosti-motorovych-oleju---Detergenty-a-disperzanty>

- **Antikoroziční přísady.** Zabraňují korozi hlavně součástí ze slitin, jako ložiska vačkového a klikového hřídele. Působí proti agresivním produktům spalování, oxidace oleje a paliva. Antikoroziční přísady reagují s barevnými kovy za vzniku ochranné vrstvy, která chrání povrch součásti před korozi. Dále odpuzují vodu z povrchu a vytváří ochrannou vrstvu. Používají se látky, jako např. fosfáty, sukcinimidy, estery, aminy a organické kyseliny. [1] [5]

- **Modifikátory viskozity.** Jedná se o dlouhé řetězce polymerů. Výrazným způsobem vylepšují závislost viskozity na teplotě. Používají se téměř ve všech motorových, hydraulických a převodových olejích. Využívají se pro zvýšení vysokoteplotní viskozity a viskozitního indexu. Čím vyšší je číslo viskozitního indexu, tím je menší závislost viskozity na teplotě. Výhody také nastávají ve snížení tření za nízkých provozních teplot a zabránění prosakování při vysokých teplotách. [1] [5]

2. Sledované parametry oleje

Motorový olej od okamžiku výroby začíná stárnout. Mění své vlastnosti v závislosti na čase a zatížení v průběhu provozu. Pokud je olej ponechán ve vozidle, které bude delší dobu odstaveno z provozu, také dochází ke změnám v jeho složení.

Výrobce motoru s těmito vlastnostmi počítá při návrhu konstrukce. V okamžiku změny základních parametrů oleje dochází k selhávání mazání a nadměrnému opotřebení. Proto je nutné olej sledovat. Jakákoliv změna může signalizovat poruchu, popřípadě nutnou výměnu olejové náplně.

2.1. Viskozita

Neboli hydrodynamické tření je základní vlastnost všech olejů. Umožňuje jejich dělení. Viskozita se během životnosti náplně může měnit, buď zvyšovat nebo snižovat. Zvyšování může způsobit například oxidace, tvorba emulze, kontaminace nečistotami. Snižování zapříčiňuje degradace aditiv, záměna oleje při doplnění náplně, vnikání paliva. Při příliš nízké viskozitě dochází k meznímu tření a styku třecích ploch. Oproti tomu zvýšení viskozity nebývá ve většině případu nebezpečné. Pouze narůstají energetické ztráty způsobené nadměrným třením v oleji. Z diagnostického hlediska jsou podezřelé náhlé výkyvy, což většinou zapříčiní porucha v systému. K viskozitě se váže viskozitní index. Pojednává o změně viskozity v závislosti na teplotě. Změna teploty například i o jeden stupeň Celsia může znamenat změnu viskozity až o 5 %. [1] [5]

Měří se takzvaná kinematická viskozita podle ČSN, a to několika typy viskozimetrů. Základní jsou: Pinkevič, Kössler, Ubbelohde (obr. 4), Cannon-Fenske-Opag, Cannon-Fenske apod. Uvedené viskozimetry fungují na principu kapiláry. Viskozitu vzorku pro kapilární Ubbelohdeho viskozimetr vypočítáme ze vztahu:

$$v = c \cdot t$$

kde

c je konstanta použitého viskozimetru uvedena ve zkušebním listě

t je čas, za který vzorek proteče viskozimetrem [1] [5]

Měření je časově velice náročné. ČSN zajišťuje vysokou přesnost výsledku. Jen jeden vzorek z 20 může překročit stanovenou hodnotu o 0,35 % aritmetického průměru. Dále je třeba vzorek při měření neustále hlídat, aby nedošlo k protečení vzorku viskozimetrem bez změření doby průtoku. Norma standardně využívá měření při teplotách 40 °C a 100 °C. Pro průmyslové oleje se používá 40 °C. Motorové oleje, které pracují za zvýšených teplot, měříme při teplotě 100 °C. Doporučuje se, aby při provozu kinematická viskozita nezměnila svou hodnotu o více než 20 %. [1] [5]

Nejdříve je potřeba zahřát vodní lázeň (obr. 3) na teplotu, při které chceme měřit kinematickou viskozitu. Po dosažení požadované teploty vložíme do lázně kapiláru a aplikujeme do ní vzorek oleje. Vyčkáme 30 minut, aby došlo k dokonalému prohřátí vzorku. Poté do zásobníku nad kapilárou nasajeme olej. Měříme dobu průchodu oleje mezi vyznačenými ryskami. [1] [5]



Obr. 3 Vodní lázeň



Obr. 4 Ubbelohdeho kapilára

2.2. Bod vzplanutí

Je kvalitativní bezpečnostní parametr. Také určuje požární charakteristiku a rozdělení do tříd hořlavin. Zkouška určuje, při jaké teplotě dojde k vytvoření dostatečného množství par o koncentraci, která je schopna vzplanout, při přiblížení plamene. Poté ihned uhasíná. Teplota je vztažena na tlak 1013 hPa. Lze určovat přibližné množství těkavých látek, například vnikání paliva u spalovacích motorů. Využívá se nejen u olejů, ale také u různých těkavých látek. Jedná se o různé druhy pohonných hmot, ředidel, atd. Zkoušku popisují dvě normy, a to ČSN EN ISO 2592 (podle Clevlanda) a ČSN EN ISO 2719 (podle Marcusona). Ke zkoušce je potřeba cca 50 - 100 ml oleje. Výše bodu vzplanutí se pohybuje v rozmezí 190 – 230 °C. Záleží na množství aditiv a jejich složení. Zkouška je prováděna v tmavé místnosti bez průvanu, aby bylo vzplanutí dobře viditelné. Při značném poklesu teploty vzplanutí lze přibližně určit množství paliva v motorovém oleji, který se zde dostane v důsledku častých studených startů. [1] [5]

Při poklesu bodu vzplanutí o přibližně 20 – 25 °C, oproti novému oleji se doporučuje výměna celé náplně. U dnešních motorových olejů se teplota vznícení pohybuje v rozmezí 170 – 200 °C. Bod hoření nastává většinou kolem teploty 230 °C. [1] [5]

Z hlediska praktického provedení zkoušky rozeznáváme dva způsoby, v otevřeném nebo uzavřeném kelímku. Pro vyhodnocení byla použita metoda v otevřeném kelímku.

2.2.1. Bod vzplanutí a hoření v otevřeném kelímku

Zkoušku bodu vzplanutí a hoření popisuje norma ČSN EN ISO 2592. Vzorek v otevřeném kelímku vložíme na topné těleso. Teplotu zvyšujeme předepsanou rychlostí, dokud nedojde k nahromadění par nad hladinou o koncentraci, která umožní při přiblížení plamene vznícení a okamžitému zhasnutí.

Pokud budeme vzorek nadále zahřívat, dostaneme se k teplotě, při které je koncentrace par natolik velká, že po přiblížení plamene páry hoří po dobu minimálně 5 s. [1] [5]



Obr. 5 Stanovení bodu hoření v otevřeném kelímku

2.3. Obsah vody

Obsah vody stanovujeme kvalitativně, nebo kvantitativně. Obvykle se používají zároveň. Nejdříve měříme kvalitativně. Používá se jedna z jednoduchých metod, jako je například tzv. prskací zkouška. Spočívá v kápnutí kapky vzorku na rozpálenou desku. Ještě dnes se můžeme setkat i s obyčejnou žehličkou. Podle charakteristického zvuku vydávaného při dopadu kapky na destičku se určí, zda je ve vzorku přítomna voda. Zvuk připomíná tiché prskání. Velice zkušený pracovník, po dlouhodobé praxi, dokáže relativně přesně určit procento obsahu vody. Po zjištění přítomnosti vody v oleji se přistupuje ke kvantitativnímu měření. Z ní již přímo zjistíme procentuální zastoupení vody ve zkoumaném vzorku. V tribotechnické diagnostice se k tomuto účelu využívá především Fischerova titrační metoda, popřípadě destilační zkouška.

Kontaminace oleje vodou způsobuje řadu nežádoucích vlastností:

- koroze vnitřních součástí stroje
- vypadávání aditiv
- vytváření emulze
- pění oleje
- zvyšování viskozity
- snižování oxidační stability oleje
- tvorbu kalů

Vzdušná vlhkost a přítomnost vody v mazivu vždy snižuje kvalitu oleje. Určité množství vody v oleji je přirozené a nelze ji zcela odstranit. Dnešní aditiva dokáží vodu z oleje separovat a sedimentací ji vyloučí na dně olejové vany. Přítomnost vody se projevuje korozí všech součástí v systému a snížením kvality mazacího filmu. Obecně platí, že maximální povolený hmotnostní obsah vody v oleji je 0,2 %. [1] [5]

2.3.1. Stanovení hmotnostního obsahu vody

Za kvalitativní metody hodnocení obsahu vody uvažujeme vizuální a prskací zkoušku. Přesné tzv. kvantitativní stanovení obsahu vody v oleji určuje potenciometrická titrace podle metody K. Fischera a destilační zkouška. Pro vyhodnocení vzorků byla použita metoda podle K. Fischera. [1] [5]

Coulometrická metoda podle K. Fischera. Jedná se o analytickou metodu pro stanovení obsahu vody. Zkouška je definována v ČSN ISO 760. Průchodem proudu v titrační nádobě se uvolňuje jód. Ten reaguje s vodou. Při reakci 1 molu vody a jednoho molu jódu vznikne přesně definovaný náboj. Konkrétně reakce s 1 mg vody vznikne náboj 10, 71 A·s. Na obrázku č. 6 je vyfotografován přístroj využívající coulometrickou titraci podle K. Fischera. [1] [5]



Obr. 6 Přístroj pro coulometrickou titraci

2.4. Stanovení čísla kyselosti

Zkouška dle ČSN ISO 6618 je založena na titraci kyselých látek ze vzorku pomocí alkoholického roztoku hydroxidu draselného a barevného indikátoru. U čirých látek je kyselost stanovena v mg KOH/100cm³, pro oleje v mg KOH/g. Kyselost vzorku můžeme vyjádřit dvěma způsoby. Prvním jako celkové číslo kyselosti (TAN). Popisuje nárůst kyselých látek ve vzorku, které způsobují korozi materiálu. Druhým jako číslo celkové alkality (TBN). Vyjadřuje celkovou alkalitu maziva, jinými slovy, obsah všech zásaditých látek organického a anorganického původu. Tyto látky jsou schopny neutralizovat kyselé produkty spalování. U obou hledisek se stanovují potenciometrickou titrací s přesností max. $\pm 10\%$ naměřené hodnoty. [1] [5]

2.4.1. Číslo celkové kyselosti (TAN)

Zkoušku popisuje norma ČSN ISO 6619. Celkové číslo kyselosti je definováno, jako množství KOH (v mg), potřebné k neutralizaci všech kyselých látek v 1 g vzorku. Hodnota TAN určuje velikost nárůstu kyselých látek, které vznikají při spalování, nebo oxidaci samotného oleje. Kyselé látky mohou korozivně působit na ložiska, hlavně bronzové. Na obrázku č. 7 je vyfocen přístroj pro stanovení čísla celkové kyselosti.



Obr. 7 Stanovení čísla celkové kyselosti

Další způsob získání čísla kyselosti je tzv. přibližnou metodou, která funguje na principu porovnání kyselosti s koncentrací hydroxidu. Vyhodnocení pracuje na funkci semaforu. [1] [5] [9]

2.5. Mechanické nečistoty

Nečistoty přítomné ve vzorku způsobují nadměrné opotřebení součástí celého systému. Způsobují tvorbu dalších mechanických částic. Jejich přítomnost v systému je nežádoucím jevem. Každý výrobce zařízení doporučuje maximální hodnoty mechanických nečistot přítomných v oleji. Při jejich překročení se doporučuje výměna, popřípadě filtrace náplně. Ke stanovení množství nečistot se využívají dvě metody, gravimetrie a kód čistoty. [1]

2.5.1. Gravimetrie

Metoda využívá váhový přírůstek na membránovém filtru. Filtr se nejprve vysuší a poté zváží. Vzorek oleje je naředěn organickým rozpouštědlem a podtlakově přefiltrován přes filtr (obr. č. 8). Po filtraci je filtr opět vysušen a zvážen. Váhový rozdíl filtru před a po filtraci je roven hmotnosti mechanických nečistot. [1]



Obr. 8 Podtlaková filtrace

2.5.2. Kód čistoty

Pomocí kódu čistoty jsme schopni číselně vyjádřit znečištění daného vzorku mechanickými nečistotami. Metoda využívá podtlakové filtrace na membránovém filtru. Poté se filtr vysuší. Pomocí mikroskopického čítače se spočítají jednotlivé částice. Program spočítá množství a velikost částic na dané množství vzorku. Poté je vzorku přiřazeno číslo, odpovídajícímu určitému množství a velikosti samotných částic. V praxi využíváme dvě normy. Norma ISO 4406 rozlišuje tři velikosti částic (větších jak $4\text{ }\mu\text{m}$, větší než $6\text{ }\mu\text{m}$ a větší než $14\text{ }\mu\text{m}$) a výsledek je tvořen třemi čísly (např. 18/16/11). Druhá norma NAS 1638 vyhodnocuje počet částic pouze jedním číslem. Na obrázku číslo 9 je vyfotografován mikroskop s kamerou, který pomocí počítače spočítá počet jednotlivých částic a jejich velikost. [1]



Obr. 9 Mikroskop pro počítání částic

2.6. Spektrální analýzy

Pomocí metod využívající spektrální analýzu lze určit kvantitativní množství prvku ve vzorku, nebo určit různé přísady. Při vyhodnocení více vzorků v průběhu životnosti náplně lze určit pokles zastoupení například aditiv. Naopak lze zjistit nárůst množství částic, které naznačují opotřebení. [1] [5]

2.6.1. Metoda ATR

Jedná se o metodu založenou na analýze absorpčních spekter látek. Zkoumaná látka absorbuje záření, které odpovídá jejímu složení. Při pohlcení nižších spekter záření je v látce zastoupený těžší atom. Při pohlcení vyšších spekter záření je ve zkoumaném vzorku zastoupen atom s pevnějšími vazbami. [1] [5] [10]

Základem měřicího přístroje (obr. 10) je miska, která má dno zhotovené z krystalu selenidu zinečnatého (ZnSe). Na dno nádoby se nanese malé množství zkoumaného oleje a rozetře do tenké vrstvy na povrchu krystalu. Po zapnutí přístroje se infračervené záření přivede do krystalu. V něm se odráží a zároveň proniká do vzorku oleje. Olej absorbuje část záření, které odpovídá složení zkoumaných látek. Z grafu, který je výstupem měření, lze nalézt absorbované vlnové délky. Překrytím grafů nového a použitého oleje jsme schopni určit úbytek těchto látek ve vzorku. Metoda je velice přesná a rychlá. Netrvá déle než pár minut. Dokáže stanovit např.

- množství nitračních, sulfatačních a oxidačních látek
- množství a druh aditiv
- množství glykolu a vody
- pokles alkalické rezervy
- obsah paliva
- množství karbonu [1] [5] [10]



Obr. 10 ATR přístroj

2.6.2. Rentgenová spektrometrie ED – XRF

Metoda určuje prvkové kvalitativní a kvantitativní složení vzorku. Využívá rozbor spektra zkoumané látky. Princip metody spočívá v měření rozdílu vlnových délek při tzv. fluorescenci elektronů prvku. Fluorescence vzniká při přemístění elektronu z jedné vrstvy do druhé.

Nejdříve je zapotřebí zkoumanému elektronu atomu udělit energii. Ta je získávána z rentgenky. Foton letící z rentgenky narazí na elektron zkoumaného atomu a ten se dostane na vyšší orbitu. Při přechodu se uvolní počáteční záření. Jelikož se v další vrstvě nachází elektron z nižší vrstvy, atom se stává nestabilním. Pro získání stability se elektron vrací zpět na původní místo. Při přechodu vyzáří energii v podobě nového záření. Rozdíly mezi prvotním a sekundárním zářením jednoznačně určí prvek, o který se jedná.

Výhoda rentgenové spektrometrie je v současném kvantitativním a kvalitativním měření. Díky této metodě dokážeme určit prvky přítomné ve vzorku. Na obrázku číslo 11 se nachází rentgenový spektrometr, pro určení zastoupení prvků ve vzorku a jejich koncentraci. [1] [5] [12]



Obr. 11 Rentgenový spektrometr

3. Sledované vozidlo – Škoda Roomster

Sledovaný automobil Škoda Roomster (obr. 12) pochází z roku 2011. Během svého provozu neměl zásadní poruchu pohonné jednotky. To lze zjistit ze servisní historie, která je vedená od samého počátku uvedení vozidla do provozu. Veškeré servisní zásahy či opravy byly prováděny pouze ve značkovém servise Škoda Auto.



Obr. 12 Sledované vozidlo Škoda Roomster

3.1. Škoda Roomster z pohledu historie

Roomster se poprvé objevil na autosaloně v Ženevě v roce 2006. Ve vozidle jsou v hojné míře použity koncernové díly, které zlevňují výrobu a zjednodušují dostupnost náhradních dílů. Spolu s díly byly převzaty také konstrukční prvky osvědčené v ostatních modelech koncernu. Automobil je koncipován jako rodinné MPV. [4] [2]

3.1.1. Karosérie

Při výrobě nové karosérie bylo použito vysokopevnostní oceli k dosažení vysoké tuhosti a bezpečnosti posádky. Zvýšená tuhost přispěla k lepší stabilitě a ovladatelnosti vozu. Dalším prvkem karosérie je její ochrana proti korozi. Byl použit výhradně pozinkovaný plech s dostatečným počtem vrstev laku o dostatečné tloušťce. Proto automobilka garantovala neprorezavění karosérie po dobu 10 let. Karosérie je zcela

nově designována, koncept podlahy je ovšem převzatý. Konkrétně přední část pochází ze Škody Fabie druhé generace. Prostřední část byla nově zkonstruována. Zadní část podlahy byla převzata ze Škody Octavia první generace. [4]

3.1.2. Motory

Pohonné jednotky používané v modelu Roomster jsou vždy čtyřtákní, tří až čtyř válcové, vznětové nebo zážehové motory. Mazání u všech jednotek zaručuje tlakové oběžné mazání s průtokovým filtrem oleje. Nabídka motorizací zahrnuje zážehové pohonné jednotky od objemu 1,2 až 1,6 l a vznětové agregáty od objemu 1,4 až 1,9 l. Všechny motory disponují systémem vstřikování paliva a automatickým seřizováním ventilových vůlí. Díky tomu jsou schopny plnit emisní limity Euro 3 a 4. [4]

3.2. Motor 1,4 MPI - 63 kW - motor sledovaného vozidla

Pohonná jednotka 1,4 MPI 16V (obr. 13) konstrukčně vychází z motoru 1,4 – 55 kW, která byla používána v první generaci Škody Fabie. Použitím modernějších materiálů, nových konstrukčních řešení a úpravou sacích a výfukových potrubí bylo možné agregát použít i nadále. Důvodem inovace jednotky je hlavně tlak spotřebitelů na nízkou spotřebu paliva, nízké emise výfukových plynů, nízkou hmotnost agregátu a jeho nízkou hlučnost. Jedná se o kapalinou chlazený, řadový čtyřválec. V hlavě válců je požit systém vaček DOHC, což znamená samostatnou vačku sacích a výfukových ventilů. Dále je použito čtyř ventilů na válec pro zvýšení účinnosti výměny plynů ve válci. Pro motor 1,4 - 63 kW MPI je předepisován olej specifikace VW 502 00 o objemu 3,2 l. [4]



Obr. 13 Pohonná jednotka 1,4 MPI 16V

Vložky válců z šedé litiny jsou zality do tlakového hliníkového odlitku. Blok je vybaven hustou sítí žebrování pro získání vysoké tuhosti. Klikový hřídel je uložen v pěti kluzných ložiscích. [4]

Klikový hřídel a blok motoru tvoří montážní celek. V případě poškození bloku nebo klikového hřídele je potřeba oba komponenty nahradit jako celek. Použité ojnice jsou lámané. To znamená, že jsou opracované v celku i s oky a následně rozděleny. Pokud dojde k poškození ojnice, byť jen ve spodní části oka, je třeba ji vyměnit jako celek. [4]

O mazání se stará olejové tlakové dvoustředové čerpadlo Duocentric. Nachází se na pravé straně motoru přímo na čepu klikového hřídele. Čerpadlo pracuje na excentricnosti vnějšího a vnitřního ozubení čerpadla. Při otáčení klikového hřídele dochází k excentrickému pohybu ozubení čerpadla. Díky geometrii se prostor v sací části zvětšuje a postupně přesouvá k výtlačové části. Mezitím je uzavřeno sání a otevřen výtlač. V mazacím okruhu je za čerpadlem umístěn pojistný ventil, který zabrání překročení maximálního povoleného tlaku. [4]

Olejová vana je zhotovena z hliníkového odlitku. O hlídání teploty a hladiny oleje se stará čidlo, které je umístěno v olejové vaně, ovšem jen u vozidel s prodlouženými servisními intervaly. [4]

Hlava válců je zhotovena z hliníkové slitiny tlakovým odléváním. Disponuje rozvodem DOHC. V hlavě jsou tedy dva vačkové hřídele, zvlášť pro sací a výfukové ventily. Samotné vačky jsou poháněny od klikového hřídele ozubeným řemenem. Nejprve je poháněna sací vačka, od ní je dalším samostatným řemenem poháněna výfuková vačka. Dále je použito hydraulických zdvihátek pro vymezení ventilových vůlí. [4]

O dodávku paliva se stará vstřikování Magneti Marelli 4HV. Jedná se o vícebodové nepřímé vstřikování paliva. Palivo je dopravováno z nádrže palivovým čerpadlem do rozdělovače paliva. Na rozdělovač jsou napojeny elektromagnetické vstřikovače ústící do sacího potrubí. Palivo je rozprašováno do sacího potrubí a směs je tvořena mimo spalovací komoru. [4]

3.3. Popis provozu sledovaného vozidla Škoda Roomster

Sledovaný vůz Škoda Roomster slouží jako služební a servisní vozidlo. Kilometrový nájezd při začátku sledování činil 223 327 km. Provoz se v průměru skládá z 35 % městského, 45 % mimoměstského a 20 % dálničního provozu. Při jízdě po dálnici maximální povolenou rychlostí 130 km/h motor pracuje téměř ve 4 000 ot/min. Minimálně jednou do měsíce je podniknuta cesta o větším kilometrovém nájezdu (cca 300 km). Palivo je čerpáno u běžných čerpacích stanic. Servisní intervaly jsou stanoveny na 15 000 km nebo 1 rok. Interval výměny oleje u tohoto vozidla nastává z pravidla každé tři až čtyři měsíce. V servisní historii vozidla je pouze jedna vážnější závada na motoru. Jednalo se o prosakující vodní čerpadlo. Závada se objevila ve 120 673 km a byla vyřešena výměnou vodního čerpadla.

4. Praktické zkoušky motorového oleje Castrol Edge 5W – 40

Po pečlivé úvaze bylo ke sledování kvality motorového oleje Castrol Edge 5W - 40 vybráno vozidlo Škoda Roomster. Důvodem výběru byl fakt, že automobil najezdí dostatečný počet kilometrů v potřebném časovém úseku. Vybraný vůz disponuje relativně vysokým kilometrovým nájezdem.

4.1. Odběr vzorku pro analýzu

Odběrem vzorků pro analýzu hydraulických kapalin se zabývá norma ČSN 65 6207, která pojednává o odběru vzorků pro hydraulické kapaliny. Touto normou se lze řídit i při odběru motorového oleje. Je třeba respektovat metodiku odběru, tzn. vytvořit přesný popis odběru vzorku.

Vzorek se odebírá do čistých plastových nebo skleněných vzorkovnic, určených přímo pro odběr vzorku. Množství odebraného vzorku je závislé na celkovém objemu nádrže. Musí reprezentovat celkové množství oleje. Dále je třeba myslet na počet požadovaných zkoušek a jejich objemovou náročnost. Obvyklé množství se pohybuje okolo 200 – 300 ml oleje.

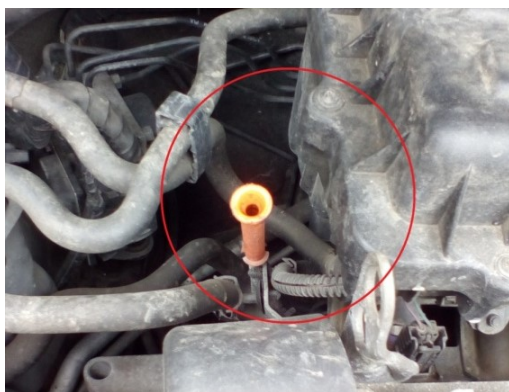
Bezprostředně po odběru je nutné provést označení vzorku příslušnými informacemi, jako je:

- typ stroje
- název stroje
- číslo vzorku
- typ oleje
- místo odběru
- datum odběru
- doba od poslední výměny oleje
- jméno pracovníka, který olej odebral
- požadované zkoušky

Odběr motorového oleje se řídí metodikou. Jedná se o postup platný všeobecně. Motor musí být v provozu minimálně 20 minut a 10 km. Teplota oleje při odběru nesmí klesnout pod hranici 65 °C. Odběr musí být vykonaný do 15 minut od zastavení motoru. Samotný odběr se provádí přípravkem. Z pravidla se jedná o hadičku s injekční stříkačkou. Pro odběr se využívá otvoru pro měрку oleje, popřípadě výpustný šroub na spodní straně olejové vany. V případě odběru přes výpustný šroub, je třeba okolí dostatečně očistit od nečistot. Doplnění oleje je potřeba provádět až po samotném odběru vzorku. V opačném případě dojde ke kontaminaci vzorku novým oleje. To způsobí zkreslení výsledku měření. [1]

4.2. Odběr vzorku ze sledovaného vozidla

Při konstrukci motoru není uvažováno s odběrem motorového oleje mimo servisní interval. Není zde konstruován vypouštěcí ventil. Bylo proto nutné zvolit metodický postup. Samotný odběr jsem prováděl přes otvor pro kontrolní měрку (obr. 14). Otvor má průměr 4,5 mm. Malé rozměry otvoru nedovolily použití podtlakové odběrové pumpy. Proto jsem zvolil postup odběru pomocí hadičky a injekční stříkačky o objemu 20 ml. Vysoká teplota oleje při odběru, která dosahovala i 90 °C, extrémně namáhala odběrovou soustavu (obr. 15). Na konci odběru stříkačka vlivem teploty přestávala těsnit. Také docházelo k praskání přechodky mezi stříkačkou a hadičkou. Po vyztužení stahovací páskou se již problém s praskáním přechodek neopakoval.



Obr. 14 Otvor pro kontrolní měрку



Obr. 15 Odběrová soustava

4.3. Zkoušky jednotlivých vzorků

Po odebrání jednotlivých vzorků a jejich označení jsem vzorky předal do laboratoře k rozborům. U vzorků odebraných po 223 327 km, byl stanovován počet mechanických nečistot pomocí kódu čistoty. Důvodem byl přechod metody vyhodnocení z gravimetrie na kód čistoty. Pro vysoké vytížení sledovaného vozidla, nebylo možné zajistit odběr vzorku v menších intervalech než cca 6 000 km. Po odběru vzorku jsem vyhledal v knize jízd způsob provozu vozidla v týdenním intervalu před odběrem. Mohl jsem tak přesně určit, v jakém jízdním režimu se automobil pohyboval. Bylo možné rozlišit městský, mimoměstský a dálniční provoz.

4.3.1. Referenční vzorek

V automobilu je používán motorový olej Castrol Edge 5W - 40. Jako referenční vzorek jsem použil nové balení oleje. Balení bylo zakoupené přímo v autorizovaném servisu pro potřeby doplnění olejové náplně v průběhu provozu. Základní parametry jsou uvedeny v tabulce č. 1. Technický list výrobku je uveden v příloze č. 1 a 2. Protokol o měření je k nalezení v příloze č. 3. Vzorek oleje je vyfotografován v příloze č. 13.

Tab. 1 Základní parametry referenčního vzorku.

Zkoumaná veličina	Hodnota
Kinematická viskozita 100 °C [mm ² ·s ⁻¹]	13,45
Bod vzplanutí [°C]	202
Celkové číslo kyselosti [mg·KOH·g ⁻¹]	1,915
Obsah vody [hm. %]	0,03505
Kód čistoty ISO	17/17/15

Stanovení počtu mechanických nečistot bylo provedeno pomocí kódu čistoty. Filtrace proběhla na filtru s pórovitostí 2,5 μm a navázkou 5 ml oleje. Znečištění filtru je patrné na obrázku č. 16.



Obr. 16 Filtr 2,5 µm referenční vzorek

4.3.2. Vzorek č. 1 při 223 327 km

Vzorek jsem odebral 20. 11. 2017. Jednalo se o odběr bezprostředně před výměnou olejové náplně. Není zcela jasné, jestli v průběhu předchozího provozu došlo k doplnění oleje či nikoliv. Před samotným odběrem panovalo převážně suché počasí. Čtyři dny před odběrem byl automobil na 400 km dlouhé cestě do zahraničí. Bezprostředně před odběrem se automobil pohyboval mimo město. Základní sledované parametry popisuje tabulka č. 2. Protokol o měření je k nalezení v příloze č. 4. Fotografie samotného vzorku je uveden v příloze č. 14.

Tab. 2 Základní parametry vzorku č. 1 při 223 327 km.

Zkoumaná veličina	Hodnota
Kinematická viskozita 100 °C [mm ² ·s ⁻¹]	10,1
Bod vzplanutí [°C]	195
Celkové číslo kyselosti [mg·KOH·g ⁻¹]	4,346
Obsah vody [hm.%]	0,0326
Mechanické nečistoty [mg·100·cm ⁻³]	1088

Stanovení počtu mechanických nečistot bylo provedeno pomocí gravimetrie. Filtrace proběhla na filtru s pórovitostí 0,8 µm a navázkou 5 ml oleje. Znečištění filtru je patrné na obrázku č. 17.



Obr. 17 Filtr 0,8 µm při 223 327 km

4.3.3. Vzorek č. 2 při 229 347 km

Odběr jsem provedl 8. 1. 2018. Automobil najezdil od výměny 6 020 km. Počasí v několika předchozích dnech bylo velmi sychravé. Vozidlo se nejčastěji pohybovalo v městském provozu s krátkými přejezdy po dálničních komunikacích, které nebyly delší než 30 km. Provoz po městě zahrnoval kratší přejezdy mezi jednotlivými zastávkami. Základní parametry jsou zobrazeny v tabulce č. 3. Protokol z měření je k dispozici v příloze číslo 5. Fotografie samotného vzorku je v příloze číslo 15.

Tab. 3 Základní parametry vzorku č. 2 při 229 347 km.

Zkoumaná veličina	Hodnota
Kinematická viskozita 100 °C [mm ² ·s ⁻¹]	11,39
Bod vzplanutí [°C]	194
Celkové číslo kyselosti [mg·KOH·g ⁻¹]	9,203
Obsah vody [hm.%]	0,13545
Kód čistoty ISO	18/16/11

Pro stanovení počtu mechanických nečistot bylo použito kódu čistoty. Filtrace byla provedena přes filtr o velikosti póru 2,5 µm a navázkou 25 ml oleje (obr. 18). Pro možnost srovnání, byla provedena filtrace přes filtr s pórovitostí 0,8 µm a navázkou 1 ml (obr. 19).



Obr. 18 Filtr 2,5 μm při 229 347 km



Obr. 19 Filtr 0,8 μm při 229 347 km

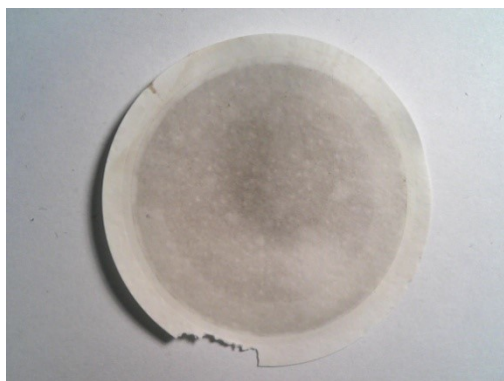
4.3.4. Vzorek č. 3 při 235 696 km

Odběr jsem provedl 9. 3. 2018. Od poslední výměny motorového oleje automobil najezdil 12 369 km. Počasí během předchozích několika dnů bylo deštivé. Denní teploty se pohybovaly okolo 10 °C. Tyto podmínky způsobovaly vysokou vzdušnou vlhkost. Během sedmi dní před odběrem automobil najezdil téměř 600 km převážně mimo město. Po odběru byla hladina oleje příliš nízká, hrozil nedostatek oleje pro další provoz. Doplnil jsem 0,75 l oleje. Základní parametry vzorku č. 3 jsou vyobrazeny v tabulce číslo 4. V přílohách číslo 6 a 16 uvádím protokol o měření a fotografii vzorku.

Tab. 4 Základní parametry vzorku č. 3 při 235 696 km.

Zkoumaná veličina	Hodnota
Kinematická viskozita 100 °C [$\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]	11,28
Bod vzplanutí [°C]	186
Celkové číslo kyselosti [$\text{mg} \cdot \text{KOH} \cdot \text{g}^{-1}$]	Nelze změřit
Obsah vody [hm. %]	0,1186
Kód čistoty ISO	20/18/13

Pro stanovení počtu mechanických nečistot bylo použito kódu čistoty. Filtrace byla provedena přes filtr o velikosti pórů 2,5 μm a navázkou 15 ml oleje (obr. 20). Pro možnost srovnání, byla provedena filtrace přes filtr s pórovitostí 0,8 μm a navázkou 1 ml (obr. 21).



Obr. 20 Filtr 2,5 μm při 235 696 km



Obr. 21 Filtr 0,8 μm při 235 696 km

4.3.5. Vzorek č. 4 při 238 816 km.

Odběr posledního vzorku jsem provedl dne 10. 4. 2018. Jednalo se o slunečné období s teplotami okolo 17 °C. Automobil najezdil od poslední výměny oleje 15 489 km. Pohyboval se většinou v mimoměstském provozu s delším kilometrovým nájezdem od startu motoru. Vzorek zahrnuje doplněný nový olej (0,75 l), který byl přidán po předchozím odběru. Hlavní parametry vzorku jsou zobrazeny v tabulce č. 5. V přílohách číslo 7 a 17 uvádím protokol o měření a fotografii vzorku.

Tab. 5 Základní parametry vzorku č. 4 při 238 816 km.

Zkoumaná veličina	Hodnota
Kinematická viskozita 100 °C [$\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]	12,687
Bod vzplanutí [°C]	190
Celkové číslo kyselosti [$\text{mg} \cdot \text{KOH} \cdot \text{g}^{-1}$]	6,614
Obsah vody [hm.%]	0,06605
Kód čistoty ISO	20/18/14

Pro stanovení počtu mechanických nečistot bylo použito kódu čistoty. Filtrace byla provedena přes filtr o velikosti pórů 2,5 μm a navázkou 15 ml oleje (obr. 22). Pro možnost porovnání s ostatními vzorky, byla provedena filtrace na filtru s pórovitostí 0,8 μm a navázkou 5 ml oleje (obr. 23).



Obr. 22 Filtr 2,5 μm při 238 816 km



Obr. 23 Filtr 0,8 μm při 238 816 km

4.4. Vyhodnocení výsledků rozborů

Pro vyhodnocení výsledků měření je třeba brát v potaz veškeré naměřené hodnoty spolu s vizuálním zkoumáním samotného vzorku.

Během samotného provozu docházelo k předpokládané změně fyzikálních vlastností. Kinematická viskozita při 100 °C v průběhu provozu stále klesala. Změna nastala po doplnění olejové náplně, kdy se kinematická viskozita zvýšila. Podobné tendence nastávaly také u celkového čísla kyselosti a počtu mechanických nečistot. Po překročení hranice 235 696 km, čili 12 369 km od výměny olejové náplně, došlo k nárůstu celkového čísla kyselosti nad měřitelnou hranici. Situace se změnila po doplnění oleje. Co se týče množství mechanických nečistot v oleji, docházelo k postupnému navyšování kódu čistoty.

Vizuální posouzení filtrů jednotlivých měření ukazuje jen minimální rozdíly. Větší rozdíly jsou patrné na fotografiích jednotlivých vzorků (přílohy č. 13 – 18). Zde je vidět postupné tmavnutí oleje. Po výměně olejové náplně v 238 816 km se mi naskytla možnost dalšího odběru po 2 151 km (příloha č. 18). Vzorek jsem z časových důvodů nemohl podrobit měření, a proto ho uvádím pouze jako informativní. Poté, co jsem vzorek vyfotografoval, vrátil jsem ho zpět do motoru. Je zde patrné, že již od počátku provozu je olej schopen dobře rozpouštět vznikající usazeniny.

Mezi vlastnosti, které se v průběhu sledování chovaly nepředvídatelně, patří bod vzplanutí a obsah vody. Změna hodnot u bodu vzplanutí je s největší pravděpodobností

ovlivněna vnikáním paliva do oleje, což může být důsledek netěsností např. pístních kroužků a častých studených startů. Množství obsahu vody patrně reagovalo na aktuální povětrnostní podmínky a způsob využití vozidla. Veškeré hodnoty jsou zaznamenány do tab. č. 6.

Tab. 6 Výsledky fyzikálních vlastností jednotlivých vzorků

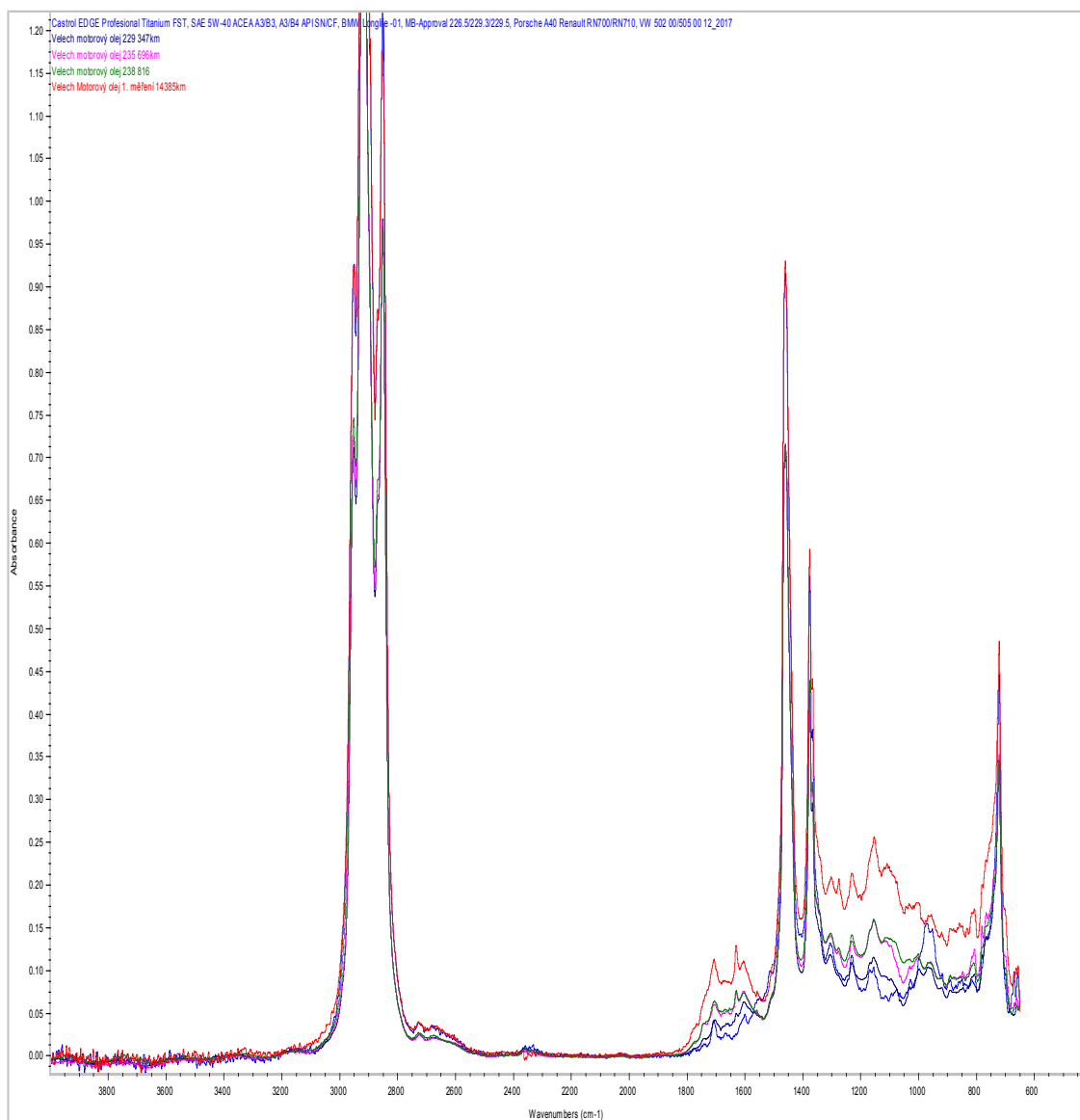
Zkoumaná veličina	Kilometrový nájezd [km]				
	Reference	223 327	229 347	235 696	238 816
Kinematická viskozita 100 °C [mm ² ·s ⁻¹]	13,45	10,1	11,39	11,28	12,687
Bod vzplanutí [°C]	202	195	194	186	190
Celkové číslo kyselosti [mg·KOH·g ⁻¹]	1,915	4,346	9,203	-	6,614
Obsah vody [hm.%]	0,03505	0,0326	0,13545	0,1186	0,06605
Kód čistoty ISO, NAS [mg·100·cm ⁻³]	17/17/15	1088	18/16/11	20/18/13	20/18/14

Prvková analýza odhalila postupné zvyšování koncentrace prvků, které jsou přítomny v konstrukčních prvcích motoru. Mezi hlavní patří železo (Fe), hliník (Al), měď (Cu), olovo (Pb). Naopak u prvků, které plní funkci aditiv, byl zjištěn postupný úbytek v důsledku jejich spotřebování. Po doplnění oleje došlo k mírnému nárůstu jejich koncentrace. Mezi hlavní patří vápník (Ca), zinek (Zn), fosfor (P), síra (S). Koncentrace hlavních sledovaných prvků jsou zaznamenány v tabulce číslo 7.

Tab. 7 Výsledky prvkové analýzy vybraných prvků

Prvek [ppm]	Kilometrový nájezd [km]				
	Reference	223 327	229 347	235 696	238 816
Fe	< 1	24,6	2,9	14,4	21,6
Cu	4,8	6,7	5,2	6,4	7,1
Cr	7,3	12,2	7,6	7,8	9,4
Sn	12,4536	< 3	< 3	< 3	< 3
Si	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Pb	< 0,1	< 0,1	0,2	0,3	0,3
Al	< 5,1	< 5,1	< 5,1	< 5,1	< 5,1
S	3766	2528	2994	2817	2896
P	1683	1153	1378	1308	1351
Na	< 1005	< 1005	< 1005	< 1005	< 1005
Zn	1509	1114	1269	1260	1297
Ca	4289	3119	3695	3570	3678

Výsledky spektrální analýzy ATR ukazují, že první vzorek oleje odebraný bezprostředně před výměnou vykazuje odlišnou charakteristiku. Tento stav mohl být zapříčiněn spousty faktorů, např. změnou olejové receptury, doplnění náplně v průběhu provozu jiným olejem atd. Oblast 1748 nm naznačuje malé procento zastoupení syntetického oleje. Rychle klesající koncentrace protiotěrových přísad v oblasti 1025 – 960nm, kdy koncentrace po 229 347 km klesla na určitou stabilní hranici. Dále je patrný mírný nárůst oxidace v pásmu 1670 – 1800 nm. V pásmu 1100 – 1200 nm je viditelný úbytek sulfátového detergentu. Od 235 696 km začal narůstat výskyt syrných sloučenin v oblasti 1120 – 1180 nm. Celkový graf z ATR analýzy je na obrázku č. 24. [10] [5]



Obr. 24 Výsledek ATR analýzy

5. Závěr

Není třeba dlouze uvažovat nad skutečností, že čistota oleje má zásadní vliv na celkovou životnost sledovaného zařízení. Dlouhodobá sledování tuto skutečnost pouze podporují. Je tedy otázkou, kdy čistotu oleje sledovat. Je také důležité posoudit, pro jaká množství olejové náplně je toto sledování ekonomicky výhodné vzhledem k samotné výměně oleje. Jinak budeme postupovat v průmyslovém měřítku s velkými olejovými náplněmi a jinak u osobního motorového vozidla, kde bývá provedení rozborů motorového oleje dražší než náklady na jeho výměnu. Přesto mají rozборы u motorových olejů své opodstatnění, a to zejména v případě podezření na vnitřní poruchu motoru. V takovém případě rozbor oleje může sloužit k její identifikaci.

Sledování čistoty motorového oleje ve vozidle Škoda Roomster 1,4 16V ukázalo, že detergentní látky pracují po celou dobu životnosti náplně. Stále jsou schopny zbavovat vnitřní plochy motorového prostoru od vznikajících usazenin. Nicméně disperzní látky, které mají za úkol rozpouštět karbonové úsady na velikost do několika desetin mikrometru, ztrácejí své vlastnosti již v počátcích provozu. Již po ujetí 6 020 km nejsou schopny dobře rozpouštět produkty vznikající při spalování paliva. Znečištění je patrné z obrázků filtrů a také z fotografií jednotlivých vzorků. Filtr s pórovitostí 0,8 μm byl při první filtraci téměř zanesen. Při následných zkouškách vzorků byly filtry v podstatě ucpány.

V důsledku značného vytížení vozidla nebylo možné provést odběr a vyhodnocení v intervalu 0 – 6 000 km. Zde mohlo být odhaleno postupné znečištění oleje. Pouze z informativního vzorku odebraného po 2 151 km je možno vizuálního porovnání.

Dále je třeba upozornit na značně se zvyšující číslo celkové alkality, které již při 6 020 km, bylo za stanovenou hranicí. Vysoká kyselost způsobuje korozi uvnitř motorového prostoru a zároveň značně urychluje stárnutí těsnících prvků.

Závěrem doporučuji provádět výměnu motorového oleje již po ujetí 12 000 km. Důvodem je nadměrná kyselost a znečištění oleje látkami vznikajícími při spalování. Interval výměny 15 000 km doporučuji chápat jako naprosto hraniční. Nastává zde

otázka, zda častější interval výměny oleje bude z ekonomického hlediska úměrný k celkovému stáří a kilometrovému nájezdu vozidla.

Seznam zdrojů:

- [1] HELEBRANT, František, Jiří ZIEGLER a Daniela MARASOVÁ. *Technická diagnostika a spolehlivost*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 2001. ISBN 80-7078-883-6.
- [2] Historie Škoda.[online]. [cit. 2018-03-19]. Dostupné z: <http://www.skoda-auto.cz/o-nas/historie>
- [3] KOŽÍŠEK, Petr a Jan KRÁLÍK. *L & K - Škoda 1895-1995*. Praha: Motorpress, 1995. ISBN 80-901749-3-0.
- [4] SCHWARZ, Jiří. *Automobily Škoda Roomster: konstrukce, technika, údržba*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1662-6.
- [5] SEJKOROVÁ, Marie. *Metody tribotechnické diagnostiky*[online]. 1. Ostrava, 2013 [cit. 2018-03-19]. ISBN 978-80-248-3280-7.
- [6] Vlastnosti motorových olejů - Viskozita.[online]. [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <http://www.oleje.cz/clanek/517>
- [7] Aditiva do maziv. [online]. [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <http://www.oleje.cz/obsah/Aditiva>
- [8] Castrol EDGE 5W - 40. [online]. [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: [https://msdspds.castrol.com/bpglis/FusionPDS.nsf/Files/B200ED098B00BCFC8025808B003FD1F6/\\$File/BPXE-9GXV47.pdf](https://msdspds.castrol.com/bpglis/FusionPDS.nsf/Files/B200ED098B00BCFC8025808B003FD1F6/$File/BPXE-9GXV47.pdf)
- [9] Vlastnosti motorových olejů - Kyselost a alkalita olejů. [online]. [cit. 2018-05-06]. Dostupné z: <https://www.oleje.cz/clanek/Vlastnosti-motorovych-oleju---Kyselost-a-alkalita-oleju>

- [10] FT-IR Analysis of Used Lubricating Oils – General Considerations. [online]. [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: http://www.nicoletcz.cz/upload/kc/files/paliva_maziva/FTIR%20Analysis%20of%20Used%20Lubricating%20Oils.pdf
- [11] Vlastnosti motorových olejů - Detergenty a disperzanty. [online]. [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <https://www.oleje.cz/clanek/Vlastnosti-motorovych-oleju---Detergenty-a-disperzanty>
- [12] RENTGENOVÉ SPEKTROMETRY ED-XRF - PRINCIP. [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://www.bas.cz/rentgenove-spektrometry/xrf-rentgenove-spektrometry.php>

Seznam obrázků

- Obrázek 1: Struktura detergentu [11]
- Obrázek 2: Princip disperzní látky [11]
- Obrázek 3: Vodní lázeň [vlastní foto]
- Obrázek 4: Ubbelohdeho kapilára [vlastní foto]
- Obrázek 5: Stanovení bodu hoření v otevřeném kelímku [vlastní foto]
- Obrázek 6: Přístroj pro coulometrickou titraci [vlastní foto]
- Obrázek 7: Stanovení čísla celkové kyselosti [vlastní foto]
- Obrázek 8: Podtlaková filtrace [vlastní foto]
- Obrázek 9: Mikroskop pro počítání částic [vlastní foto]
- Obrázek 10: ATR přístroj [vlastní foto]
- Obrázek 11: Rentgenový spektrometr [vlastní foto]
- Obrázek 12: Sledované vozidlo Škoda Roomster [vlastní foto]
- Obrázek 13: Pohonná jednotka 1,4 MPI 16V [vlastní foto]
- Obrázek 14: Otvor pro kontrolní měрку [vlastní foto]
- Obrázek 15: Odběrová soustava [vlastní foto]
- Obrázek 16: Filtr 2,5 μm referenční vzorek [vlastní foto]
- Obrázek 17: Filtr 0,8 μm při 223 327 km [vlastní foto]
- Obrázek 18: Filtr 2,5 μm při 229 347 km [vlastní foto]
- Obrázek 19: Filtr 0,8 μm při 229 347 km [vlastní foto]
- Obrázek 20: Filtr 2,5 μm při 235 696 km [vlastní foto]
- Obrázek 21: Filtr 0,8 μm při 235 696 km [vlastní foto]
- Obrázek 22: Filtr 2,5 μm při 238 816 km [vlastní foto]
- Obrázek 23: Filtr 0,8 μm při 238 816 km [vlastní foto]
- Obrázek 24: Výsledek ATR analýzy [vlastní foto]

Seznam tabulek

Tabulka 1: Základní parametry referenčního vzorku

Tabulka 2: Základní parametry vzorku č. 1 při 223 327 km

Tabulka 3: Základní parametry vzorku č. 2 při 229 347 km

Tabulka 4: Základní parametry vzorku č. 3 při 235 696 km

Tabulka 5: Základní parametry vzorku č. 4 při 238 816 km

Tabulka 6: Výsledky fyzikálních vlastností jednotlivých vzorků

Tabulka 7: Výsledky prvkové analýzy vybraných prvků

Seznam příloh

- Příloha 1: Technický list motorového oleje Castrol Edge 5W - 40 [8]
- Příloha 2: Technický list motorového oleje Castrol Edge 5W - 40 [8]
- Příloha 3: Protokol o měření referenčního vzorku
- Příloha 4: Protokol o měření vzorku ve 223 327 km
- Příloha 5: Protokol o měření vzorku ve 229 347 km
- Příloha 6: Protokol o měření vzorku ve 235 696 km
- Příloha 7: Protokol o měření vzorku ve 238 816 km
- Příloha 8: Protokol prvkové analýzy referenčního vzorku
- Příloha 9: Protokol prvkové analýzy vzorku ve 223 327 km
- Příloha 10: Protokol prvkové analýzy vzorku ve 229 347 km
- Příloha 11: Protokol prvkové analýzy vzorku ve 235 696 km
- Příloha 12: Protokol prvkové analýzy vzorku ve 238 816 km
- Příloha 13: Ukázka referenčního vzorku
- Příloha 14: Ukázka vzorku před výměnou olejové náplně ve 223 327 km
- Příloha 15: Ukázka vzorku po ujetí 6 020 km (229 347 km)
- Příloha 16: Ukázka vzorku po ujetí 12 369 km (235 696 km)
- Příloha 17: Ukázka vzorku po ujetí 15 489 km (238 816 km)
- Příloha 18: Ukázka informativního vzorku po ujetí 2 151 km (240 967 km)



Informace o produktu

Castrol EDGE 5W-40

Posílený technologií TITANIUM FST™ - Síla pro maximální výkon

Popis

Vývoj v technologii motorů vedl ke zvýšení výkonu a účinnosti motorů, což znamená, že současné motory pracují za těžších podmínek a vyšších pracovních tlaků než kdykoliv před tím.

Jediná věc, která udržuje pohyblivé součástky motoru od sebe a brání kontaktu kov na kov, je právě olej. Takže je nutné, aby olej vytvářel dostatečně pevný mazací film, který si udrží svou pevnost po maximální dobu.

Oleje řady Castrol EDGE jsou naší nejsilnější a nejpokrokovější řadou motorových olejů. Jejich technologie **TITANIUM FST™** zdvojnásobuje pevnost olejového filmu, čímž zabraňuje jeho porušení a snižuje tření.

Castrol EDGE s technologií **TITANIUM FST™**: Síla pro maximální výkon.

Použití

Castrol EDGE 5W-40 je vhodný pro použití v benzinových a dieselových motorech osobních automobilů, kde výrobce předepisuje olej viskozitní třídy SAE 5W-40 a specifikace ACEA C3, API SN anebo dřívější specifikace.

Castrol EDGE 5W-40 je schválen pro použití v automobilech předních výrobců. Pro správnou aplikaci prosím nahlédněte do uživatelské příručky Vašeho vozu.

*norma GM dexos2®: nahrazuje normy GM-LL-B-025 a GM-LL-A-025, číslo licence GB2D0715082

Výhody

Castrol EDGE 5W-40 poskytuje maximální výkonnost a ochranu dnešním moderním vysokootáčkovým motorům, které pracují pod vyšším zatížením a požadují olej nízké viskozity, avšak s co nejvyšší úrovní ochrany.

Castrol EDGE 5W-40:

- maximalizuje krátkodobou a dlouhodobou výkonnost motoru,
- snižuje tvorbu úsad a tím pomáhá zlepšovat reakci motoru,
- poskytuje nepřekonatelnou úroveň ochrany při široké škále provozních podmínek a teplot,
- udržuje maximální výkon motoru i za náročných provozních podmínek,
- zvyšuje účinnost motoru (nezávisle potvrzeno).

Příloha 2: Technický list motorového oleje Castrol Edge 5W - 40 [8]

Typická charakteristika

Název	Metoda	Jednotky	Castrol EDGE 5W-40
Hustota při 15 °C	ASTM D4052	g/ml	0,85
Kinematická viskozita při 100 °C	ASTM D445	mm ² /s	13
Viskozita CCS při -30 °C (5W)	ASTM D5293	mPa.s (cP)	5800
Kinematická viskozita při 40 °C	ASTM D445	mm ² /s	75
Viskozitní index	ASTM D2270	-	174
Bod tuhnutí	ASTM D97	°C	-42
Bod vzplanutí, PMCC	ASTM D93	°C	202
Sulfátový popel	ASTM D874	% hm.	0,8

Výkonnostní specifikace produktu

ACEA C3
API SN/CF
BMW Longlife-04
dexos2®
Meets Fiat 9.55535-S2
Meets Ford WSS-M2C917-A
MB-Approval 226.5/ 229.31/ 229.51
Renault RN0700 / RN0710
VW 502 00/ 505 00/ 505 01

Castrol EDGE 5W-40

16 Dec 2016

Castrol, logo Castrol a související ochranné známky jsou registrované ochranné známky, použité na základě licence.

V tomto tisku jsou zohledněny veškeré současné znalosti a informace k produktu ke dni jeho vydání. Nicméně některé údaje mohou podléhat změnám vzhledem ke změně formulace produktu po datu vydání tohoto tisku. Tyto údaje popisují výrobek pouze z hlediska použití. Výrobek může být bez předchozí konzultace s námi používán výše uváděným způsobem. Použití výrobku jiným způsobem, než odpovídá účelu použití, může být spojeno s riziky, která nejsou v tomto tisku uváděna. Údaje o použití výrobku vzhledem k bezpečnému nakládání s ním vyhledejte v jeho bezpečnostním listu. Změna technických parametrů vyhrazena.

BP Europa SE, Oddział w Polsce, Skrytka pocztowa nr 126, 00-961 Warszawa, Poland
telefon: 800 143 921,
www.castrol.cz

Příloha 3: Protokol o měření referenčního vzorku

			250 ml			
			VZOREK			
			Číslo		Nový olej	
			Typ oleje		Motorový	
			Název		Castrol Edge 5W-40	
STROJNÍ ZAŘÍZENÍ			Specifikace DIN			
Název	Škoda roomster 1,4 16V		Specifikace ISO			
Typ-číslo stroje	Automobil		Specifikace SAE		5w-40	
výrobní číslo			Jiná specifikace		VW 502 00	
Strojní uzel			Místo odběru			
Množství provozní náplně	3,2 l		Dodal:		Velech	
Doba provozu od posl. výmě			Datum převzetí			
Doba provozu celkem			0 navážka filtru (ml)		5	
V průběhu provozu doplněn			Datum vypracování		21.12.2017	
Parametr kvality	Rozměr	Metoda	Požadov. hodnota			Stanovená hodnota
			min.	výstr.	max.	
Kinematická viskozita při 100°C	mm²/s	ČSN EN ISO 3104	10,4		15,6	13,45
Kinematická viskozita při 40°C	mm²/s	ČSN EN ISO 3104	60		90	81,84
TAN (Č. kyselosti)	mgKOH/g	ČSN ISO 6618			6	1,915
Obsah vody	hm. %	ČSN EN ISO 12937			0,2	0,03505
Bod vzplanutí	°C	ASTM D93	182			202
Bod hoření	°C	-				-
Mechanické nečistoty	mg/100cm³	ČSN 65 6220		30	60	-
Kód čistoty	třída	ČSN ISO 4406/99		21/18/15		17/17/15
Kód čistoty	třída	NAS1638				9
Prvková analýza ED-XRF				výstr.	max.	hodnota
obsah Fe	ppm	metodika		60	100	< 1
obsah Cu	(mg/kg)			20	40	4,8
obsah Cr				12,5	20	7,3
obsah Sn					15	< 3
obsah Si				15	30	< 1
obsah Pb				12	20	< 0,1
obsah Al				20	40	< 5,1
Aditiva, degradace				Referenční		hodnota
obsah S	ppm	metodika				3766
obsah P	(mg/kg)					1683
obsah Na						< 1005
obsah Zn						1509
obsah Ca						4289

Příloha 4: Protokol o měření vzorku ve 223 327 km

		250 ml				
			VZOREK			
			Číslo		1	
			Typ oleje		Motorový	
			Název		Castrol Edge 5W-40	
STROJNÍ ZAŘÍZENÍ			Specifikace DIN			
Název	Škoda roomster 1,4 16V		Specifikace ISO			
Typ-číslo stroje	Automobil		Specifikace SAE		5w-40	
výrobní číslo			Jiná specifikace		VW 502 00	
Strojní uzel			Místo odběru			
Množství provozní náplně	3,2 l		Dodal:		Velech	
Doba provozu od posl. výmě	14 385 km		Datum převzetí			
Doba provozu celkem	223 327 km		navážka fitru (ml)		5	
V průběhu provozu doplněn	0 l		Datum vypracování		30.11.2017	
Parametr kvality	Rozměr	Metoda	Požadov. hodnota			Stanovená hodnota
			min.	výstr.	max.	
Kinematická viskozita při 100°C	mm²/s	ČSN EN ISO 3104	10,4		15,6	10,1
Kinematická viskozita při 40°C	mm²/s	ČSN EN ISO 3104	60		90	79,94
TAN (Č. kyselosti)	mgKOH/g	ČSN ISO 6618			6	4,346
Obsah vody	hm. %	ČSN EN ISO 12937			0,2	0,0326
Mechanické nečistoty	mg/100cm³	ČSN 65 6220		30	60	1088
Bod vzplanutí	°C	ČSN EN ISO 2592	182			196
Bod hoření	°C	ČSN EN ISO 2592				236
Kód čistoty	třída	ČSN ISO 4406/99		21/18/15		-
Kód čistoty	třída	NAS1638				-
Prvková analýza ED-XRF				výstr.	max.	hodnota
obsah Fe	ppm	metodika		60	100	24,6
obsah Cu	(mg/kg)			20	40	6,7
obsah Cr				12,5	20	12,2
obsah Sn					15	< 3
obsah Si				15	30	< 1
obsah Pb				12	20	< 0,1
obsah Al				20	40	< 5,1
Aditiva, degradace				Referenční	hodnota	
obsah S	ppm	metodika		3766	2528	
obsah P	(mg/kg)			1683	1153	
obsah Na				< 1005	< 1005	
obsah Zn				1509	1114	
obsah Ca				4289	3119	

Příloha 5: Protokol o měření vzorku ve 229 347 km

		250 ml				
			VZOREK			
			Číslo		2	
			Typ oleje		Motorový	
			Název		Castrol Edge 5W-40	
STROJNÍ ZAŘÍZENÍ			Specifikace DIN			
Název	Škoda roomster 1,4 16V		Specifikace ISO			
Typ-číslo stroje	Automobil		Specifikace SAE		5w-40	
výrobní číslo			Jiná specifikace		VW 502 00	
Strojní uzel			Místo odběru			
Množství provozní náplně	3,2 l		Dodal:		Velech	
Doba provozu od posl. výmě	6 020 km		Datum převzetí			
Doba provozu celkem	229 347 km		navážka fitru (ml)		25	
V průběhu provozu doplněn	0 l		Datum vypracování		8.1.2018	
Parametr kvality	Rozměr	Metoda	Požadov. hodnota			Stanovená hodnota
			min.	výstr.	max.	
Kinematická viskozita při 100°C	mm²/s	ČSN EN ISO 3104	10,4		15,6	11,39
Kinematická viskozita při 40°C	mm²/s	ČSN EN ISO 3104	60		90	67,73
TAN (Č. kyselosti)	mgKOH/g	ČSN ISO 6618			6	9,203
Obsah vody	hm. %	ČSN EN ISO 12937			0,2	0,13545
Bod vzplanutí	°C	ČSN EN ISO 2592	182			194
Bod hoření	°C	ČSN EN ISO 2592				236
Mechanické nečistoty	mg/100cm³	ČSN 65 6220		30	60	-
Kód čistoty	třída	ČSN ISO 4406/99		21/18/15		18/16/11
Kód čistoty	třída	NAS1638				9
Prvková analýza ED-XRF				výstr.	max.	hodnota
obsah Fe	ppm	metodika		60	100	2,9
obsah Cu	(mg/kg)			20	40	5,2
obsah Cr				12,5	20	7,6
obsah Sn					15	< 3
obsah Si				15	30	< 1
obsah Pb				12	20	0,2
obsah Al				20	40	< 5,1
Aditiva, degradace				Referenční		hodnota
obsah S	ppm	metodika		3766		2994
obsah P	(mg/kg)			1683		1378
obsah Na				< 1005		< 1005
obsah Zn				1509		1296
obsah Ca				4289		3695

Příloha 6: Protokol o měření vzorku ve 235 696 km

			250 ml			
			VZOREK			
			Číslo		3	
			Typ oleje		Motorový	
			Název		Castrol Edge 5W-40	
STROJNÍ ZAŘÍZENÍ			Specifikace DIN			
Název	Škoda roomster 1,4 16V		Specifikace ISO			
Typ-číslo stroje	Automobil		Specifikace SAE		5w-40	
výrobní číslo			Jiná specifikace		VW 502 00	
Strojní uzel			Místo odběru			
Množství provozní náplně	3,2 l		Dodal:		Velech	
Doba provozu od posl. výmě	12 367 km		Datum převzetí			
Doba provozu celkem	235 696km		navážka fitru (ml)		25	
V průběhu provozu doplněn	0 l		Datum vypracování		20.3.2018	
Parametr kvality	Rozměr	Metoda	Požadov. hodnota			Stanovená hodnota
			min.	výstr.	max.	
Kinematická viskozita při 100°C	mm²/s	ČSN EN ISO 3104	10,4		15,6	11,28
Kinematická viskozita při 40°C	mm²/s	ČSN EN ISO 3104	60		90	64,371
TAN (Č. kyselosti)	mgKOH/g	ČSN ISO 6618			6	nelze
Obsah vody	hm. %	ČSN EN ISO 12937			0,2	0,1186
Bod vzplanutí	°C	ČSN EN ISO 2592	182			186
Bod hoření	°C	ČSN EN ISO 2592				210
Mechanické nečistoty	mg/100cm³	ČSN 65 6220		30	60	-
Kód čistoty	třída	ČSN ISO 4406/99		21/18/15		20/18/13
Kód čistoty	třída	NAS1638				11
Prvková analýza ED-XRF				výstr.	max.	hodnota
obsah Fe	ppm	metodika		60	100	14,4
obsah Cu	(mg/kg)			20	40	6,4
obsah Cr				12,5	20	7,8
obsah Sn					15	< 3
obsah Si				15	30	< 1
obsah Pb				12	20	0,3
obsah Al				20	40	< 5,1
Aditiva, degradace				Referenční	hodnota	
obsah S	ppm	metodika		3766	2817	
obsah P	(mg/kg)			1683	1308	
obsah Na				< 1005	< 1005	
obsah Zn				1509	1260	
obsah Ca				4289	3570	

Příloha 7: Protokol o měření vzorku ve 238 816 km

		250 ml				
		VZOREK				
		Číslo		4		
		Typ oleje		Motorový		
		Název		Castrol Edge 5W-40		
STROJNÍ ZAŘÍZENÍ		Specifikace DIN				
Název	Škoda roomster 1,4 16V		Specifikace ISO			
Typ-číslo stroje	Automobil		Specifikace SAE		5w-40	
výrobní číslo			Jiná specifikace		VW 502 00	
Strojní uzel			Místo odběru			
Množství provozní náplně	3,2 l		Dodal:		Velech	
Doba provozu od posl. výmě	15 489 km		Datum převzetí			
Doba provozu celkem	238 816km		navážka fitru (ml)		15	
V průběhu provozu doplněn	0,75 l		Datum vypracování		17.4.2018	
Parametr kvality	Rozměr	Metoda	Požadov. hodnota			Stanovená hodnota
			min.	výstr.	max.	
Kinematická viskozita při 100°C	mm²/s	ČSN EN ISO 3104	10,4		15,6	12,6873
Kinematická viskozita při 40°C	mm²/s	ČSN EN ISO 3104	60		90	78,721
TAN (Č. kyselosti)	mgKOH/g	ČSN ISO 6618			6	6,614
Obsah vody	hm. %	ČSN EN ISO 12937			0,2	0,06605
Bod vzplanutí	°C	ČSN EN ISO 2592	182			190
Bod hoření	°C	ČSN EN ISO 2592				230
Mechanické nečistoty	mg/100cm³	ČSN 65 6220		30	60	-
Kód čistoty	třída	ČSN ISO 4406/99		21/18/15		20/18/14
Kód čistoty	třída	NAS1638				11
Prvková analýza ED-XRF				výstr.	max.	hodnota
obsah Fe	ppm	metodika		60	100	21,6
obsah Cu	(mg/kg)			20	40	7,1
obsah Cr				12,5	20	9,4
obsah Sn					15	< 3
obsah Si				15	30	< 1
obsah Pb				12	20	0,3
obsah Al				20	40	< 5,1
Aditiva, degradace				Referenční	hodnota	
obsah S	ppm	metodika		3766	2896	
obsah P	(mg/kg)			1683	1351	
obsah Na				< 1005	< 1005	
obsah Zn				1509	1297	
obsah Ca				4289	3678	

Príloha 8: Protokol prvkovej analýzy referenčního vzorku

SPECTRO X-LabPro			Job Number: DIPLOMKY 2017/2018		
Sample Name		Castrol EDGE Professional 5W-40 12_2017		Castrol EDGE Professional 5W-40 12_2017	
Description		Method		TurboQuant-OLEJE	
Z	Symbol	Element	Norm. Int.	Concentration	Abs. Error
20	Ca	Calcium	634,6772	4289ppm	8ppm
16	S	Sulfur	3743,4665	3766ppm	3ppm
15	P	Phosphorus	736,9347	1683ppm	3ppm
30	Zn	Zinc	10560,6654	1509ppm	2ppm
11	Na	Sodium	4,3307	< 1005ppm	(659)ppm
22	Ti	Titanium	25,0020	67,6ppm	0,7ppm
27	Co	Cobalt	12,3120	25,4ppm	1,4ppm
73	Ta	Tantalum	47,7979	20,8ppm	0,5ppm
24	Cr	Chromium	12,2830	7,3ppm	0,8ppm
72	Hf	Hafnium	15,4227	7,0ppm	0,4ppm
19	K	Potassium	1,2886	6,7ppm	0,8ppm
55	Cs	Cesium	3,8787	6,5ppm	2,1ppm
29	Cu	Copper	23,7684	4,8ppm	0,2ppm
25	Mn	Manganese	10,3688	4,4ppm	0,3ppm
28	Ni	Nickel	19,3381	3,3ppm	0,1ppm
31	Ga	Gallium	28,5178	3,1ppm	0,1ppm
80	Hg	Mercury	5,9892	1,2ppm	0,2ppm
92	U	Uranium	8,9349	0,7ppm	0,1ppm
38	Sr	Strontium	34,2170	0,7ppm	0,1ppm
81	Tl	Thallium	4,1548	0,6ppm	0,1ppm
32	Ge	Germanium	7,1204	0,6ppm	0,1ppm
34	Se	Selesium	6,5476	0,5ppm	0,1ppm
39	Y	Yttrium	13,2764	0,4ppm	0,1ppm
33	As	Arsenic	5,1844	0,4ppm	0,1ppm
83	Bi	Bismuth	2,1390	0,3ppm	0,1ppm
90	Th	Thorium	2,8641	0,2ppm	0,1ppm
35	Br	Bromine	4,4738	0,2ppm	0,1ppm
40	Zr	Zirconium	0,9907	0,2ppm	0,1ppm
37	Rb	Rubidium	4,8073	0,2ppm	0,1ppm
82	Pb	Lead	0,6453	< 0,1ppm	(0,1)ppm
14	Si	Silicon	2,2768	< 1,0ppm	(0,0)ppm
48	Cd	Cadmium	1,2979	< 2,0ppm	(0,0)ppm
50	Sn	Tin	12,4536	< 3,0ppm	(0,0)ppm
51	Sb	Antimony	0,0000	< 3,0ppm	(0,0)ppm
52	Te	Tellurium	6,4547	< 3,0ppm	(0,0)ppm
53	I	Iodine	0,0000	< 3,0ppm	(0,0)ppm
13	Al	Aluminium	8,2526	< 5,1ppm	(0,0)ppm
56	Ba	Barium	0,0000	< 2,0ppm	(0,0)ppm
57	La	Lanthanum	3,8540	< 2,0ppm	(0,0)ppm
58	Ce	Cerium	0,0000	< 2,0ppm	(0,0)ppm
12	Mg	Magnesium	0,0000	< 101ppm	(0,0)ppm
23	V	Vanadium	0,0000	< 1,0ppm	(0,0)ppm
74	W	Tungsten	0,0000	< 1,0ppm	(0,0)ppm
26	Fe	Iron	40,6485	< 1,0ppm	(0,0)ppm
42	Mo	Molybdenum	2,3877	< 1,0ppm	(0,0)ppm
47	Ag	Silver	2,3877	< 2,0ppm	(0,0)ppm
17	Cl	Chlorine	93,0806	< 2,0ppm	(0,0)ppm
41	Nb	Niobium	0,0000	< 1,0ppm	(0,0)ppm
Sum			1,21%		

Příloha 9: Protokol prvkové analýzy vzorku ve 223 327 km

SPECTRO X-LabPro				Job Number: DIPLOMKY 2017/2018	
Sample Name		Velech Motorový olej 1. měření 14385 km		Velech Motorový olej 1. měření 14385 km	
Description		Method		30.11.2017 12:13:50	
				TurboQuant-OLEJE	
Z	Symbol	Element	Norm. Int.	Concentration	Abs. Error
20	Ca	Calcium	681,9541	3119ppm	6ppm
16	S	Sulfur	3643,6636	2528ppm	2ppm
15	P	Phosphorus	727,9503	1153ppm	2ppm
30	Zn	Zinc	11576,5778	1114ppm	1ppm
11	Na	Sodium	5,2608	< 1005ppm	(579)ppm
22	Ti	Titanium	29,1227	51,2ppm	0,5ppm
26	Fe	Iron	114,7403	24,6ppm	0,3ppm
73	Ta	Tantalum	53,3791	15,2ppm	0,4ppm
27	Co	Cobalt	11,1961	15,0ppm	1,1ppm
42	Mo	Molybdeum	28,2508	14,0ppm	0,3ppm
24	Cr	Chromium	13,8864	12,2ppm	0,6ppm
29	Cu	Copper	49,3127	6,7ppm	0,2ppm
72	Hf	Hafnium	14,9252	4,5ppm	0,3ppm
19	K	Potassium	1,0112	3,0ppm	0,5ppm
28	Ni	Nickel	23,2180	2,9ppm	0,1ppm
25	Mn	Manganese	10,2816	2,8ppm	0,2ppm
31	Ga	Gallium	27,3288	2,0ppm	0,1ppm
80	Hg	Mercury	7,5114	1,1ppm	0,1ppm
41	Nb	Niobium	1,3663	0,9ppm	0,2ppm
38	Sr	Strontium	35,8702	0,6ppm	0,1ppm
34	Se	Selenium	8,7811	0,5ppm	0,1ppm
40	Zr	Zirconium	1,4111	0,4ppm	0,1ppm
81	Tl	Thallium	3,7202	0,4ppm	0,1ppm
35	Br	Bromine	10,5480	0,4ppm	0,1ppm
32	Ge	Germanium	6,6857	0,4ppm	0,1ppm
33	As	Arsenic	7,2184	0,4ppm	0,1ppm
92	U	Uranium	5,0076	0,3ppm	0,1ppm
39	Y	Yttrium	7,2184	0,2ppm	0,1ppm
83	Bi	Bismuth	1,5627	< 0,2ppm	(0,2)ppm
82	Pb	Lead	1,2341	< 0,1ppm	(0,1)ppm
37	Rb	Rubidium	2,3706	< 0,1ppm	(0,1)ppm
90	Th	Thorium	0,4173	< 1,0ppm	(0,0)ppm
23	V	Vanadium	0,0000	< 1,0ppm	(0,0)ppm
51	Sb	Antimony	0,0000	< 3,0ppm	(0,0)ppm
52	Te	Tellurium	6,0069	< 3,0ppm	(0,0)ppm
53	I	Iodine	4,0841	< 3,0ppm	(0,0)ppm
55	Cs	Cesium	0,0000	< 4,0ppm	(0,0)ppm
56	Ba	Barium	3,6966	< 2,0ppm	(0,0)ppm
57	La	Lanthanum	0,0000	< 2,0ppm	(0,0)ppm
58	Ce	Cerium	0,0000	< 2,0ppm	(0,0)ppm
13	Al	Aluminum	7,2695	< 5,1ppm	(0,0)ppm
17	Cl	Chlorine	111,2163	< 2,0ppm	(0,0)ppm
74	W	Tungsten	0,0000	< 1,0ppm	(0,0)ppm
14	Si	Silicon	4,2984	< 1,0ppm	(0,0)ppm
48	Cd	Cadmium	1,7588	< 2,0ppm	(0,0)ppm
47	Ag	Silver	0,0000	< 2,0ppm	(0,0)ppm
12	Mg	Magnesium	0,0000	< 101ppm	(0,0)ppm
50	Sn	Tin	14,3291	< 3,0ppm	(0,0)ppm
Sum				0,86%	

Příloha 10: Protokol prvkové analýzy vzorku ve 229 347 km

SPECTRO X-LabPro					Job Number: DIPLOMKY 2017/2018
Sample Name		Velech motorový olej 229 347km	Velech motorový olej 229 347km	20.3.2018 13:39:55	
Description		Method		TurboQuant-OLE/E	
Z	Symbol	Element	Norm. Int.	Concentration	Abs. Error
20	Ca	Calcium	700,3967	3695ppm	7ppm
16	S	Sulfur	3769,6416	2994ppm	3ppm
15	P	Phosphorus	761,8032	1378ppm	3ppm
30	Zn	Zinc	11399,4261	1269ppm	1ppm
11	Na	Sodium	5,1564	< 1005ppm	(647)ppm
22	Ti	Titanium	28,0713	59,2ppm	0,6ppm
27	Co	Cobalt	12,6619	20,4ppm	1,3ppm
73	Ta	Tantalum	50,5987	17,0ppm	0,5ppm
24	Cr	Chromium	13,8538	7,6ppm	0,7ppm
19	K	Potassium	1,3106	5,4ppm	0,6ppm
29	Cu	Copper	32,6548	5,2ppm	0,2ppm
72	Hf	Hafnium	14,2702	5,0ppm	0,3ppm
25	Mn	Manganese	9,8699	3,0ppm	0,2ppm
28	Ni	Nickel	21,2583	3,0ppm	0,1ppm
26	Fe	Iron	62,5503	2,9ppm	0,1ppm
31	Ga	Gallium	31,2343	2,7ppm	0,1ppm
42	Mo	Molybdenum	6,8891	2,4ppm	0,1ppm
80	Hg	Mercury	7,5759	1,2ppm	0,2ppm
81	Tl	Thallium	6,5310	0,8ppm	0,1ppm
38	Sr	Strontium	35,1611	0,6ppm	0,1ppm
92	U	Uranium	8,3841	0,5ppm	0,1ppm
34	Se	Selenium	7,1024	0,4ppm	0,1ppm
32	Ge	Germanium	5,9024	0,4ppm	0,1ppm
40	Zr	Zirconium	1,2499	0,3ppm	0,1ppm
33	As	Arsenic	4,2370	0,2ppm	0,1ppm
35	Br	Bromine	5,6983	0,2ppm	0,1ppm
82	Pb	Lead	2,1634	0,2ppm	0,1ppm
39	Y	Yttrium	5,3799	< 0,1ppm	(0,1)ppm
37	Rb	Rubidium	3,8288	0,1ppm	0,1ppm
41	Nb	Niobium	0,0000	< 1,0ppm	(0,0)ppm
47	Ag	Silver	1,0862	< 2,0ppm	(0,0)ppm
48	Cd	Cadmium	1,5227	< 2,0ppm	(0,0)ppm
50	Sn	Tin	13,6493	< 3,0ppm	(0,0)ppm
51	Sb	Antimony	2,7824	< 3,0ppm	(0,0)ppm
52	Te	Tellurium	7,5637	< 3,0ppm	(0,0)ppm
53	I	Iodine	0,0000	< 3,0ppm	(0,0)ppm
55	Cs	Cesium	0,0000	< 4,0ppm	(0,0)ppm
56	Ba	Barium	0,0000	< 2,0ppm	(0,0)ppm
57	La	Lanthanum	0,0000	< 2,0ppm	(0,0)ppm
58	Ce	Cerium	0,0000	< 2,0ppm	(0,0)ppm
13	Al	Aluminium	6,9163	< 5,1ppm	(0,0)ppm
12	Mg	Magnesium	0,0000	< 101ppm	(0,0)ppm
74	W	Tungsten	0,0000	< 1,0ppm	(0,0)ppm
14	Si	Silicon	0,0000	< 1,0ppm	(0,0)ppm
17	Cl	Chlorine	99,0720	< 2,0ppm	(0,0)ppm
23	V	Vanadium	0,0000	< 1,0ppm	(0,0)ppm
83	Bi	Bismuth	0,0000	< 1,0ppm	(0,0)ppm
90	Th	Thorium	0,0000	< 1,0ppm	(0,0)ppm
Sum				1,01%	

Příloha 11: Protokol prvkové analýzy vzorku ve 235 696 km

SPECTRO X-LabPro					Job Number: DIPLOMKY 2017/2018
Sample Name	Velech motorový olej 235 696km		Velech motorový olej 235 696km		20.3.2018 14:00:27
Description			Method		TurboQuant-OLEJE
Z	Symbol	Element	Norm. Int.	Concentration	Abs. Error
20	Ca	Calcium	657,8317	5570ppm	7ppm
16	S	Sulfur	3443,5002	2817ppm	3ppm
15	P	Phosphorus	701,9316	1308ppm	2ppm
30	Zn	Zinc	11044,9747	1260ppm	1ppm
11	Na	Sodium	5,3562	< 1005ppm	(663)ppm
22	Ti	Titanium	26,4390	57,2ppm	0,6ppm
27	Co	Cobalt	13,1096	21,8ppm	1,3ppm
73	Ta	Tantalum	46,7766	15,7ppm	0,5ppm
24	Cr	Chromium	13,6454	7,8ppm	0,7ppm
26	Fe	Iron	84,6996	14,4ppm	0,2ppm
29	Cu	Copper	39,4452	6,4ppm	0,2ppm
72	Hf	Hafnium	14,9735	5,4ppm	0,3ppm
19	K	Potassium	1,1050	4,4ppm	0,6ppm
28	Ni	Nickel	22,9573	3,4ppm	0,1ppm
25	Mn	Manganese	10,2283	3,4ppm	0,2ppm
42	Mo	Molybdenum	7,8541	2,9ppm	0,1ppm
31	Ga	Gallium	32,2613	2,8ppm	0,1ppm
80	Hg	Mercury	6,6169	1,1ppm	0,2ppm
38	Sr	Strontium	35,7096	0,6ppm	0,1ppm
81	Tl	Thallium	4,0540	0,5ppm	0,1ppm
92	U	Uranium	7,2538	0,5ppm	0,1ppm
32	Ge	Germanium	6,6091	0,4ppm	0,1ppm
34	Se	Selenium	6,8344	0,4ppm	0,1ppm
35	Br	Bromine	8,9934	0,4ppm	0,1ppm
41	Nb	Niobium	0,4924	< 0,3ppm	(0,3)ppm
83	Bi	Bismuth	3,1143	0,3ppm	0,1ppm
82	Pb	Lead	3,0211	0,3ppm	0,1ppm
33	As	Arsenic	5,2112	0,3ppm	0,1ppm
39	Y	Yttrium	11,4942	0,3ppm	0,1ppm
40	Zr	Zirconium	1,1391	0,3ppm	0,1ppm
37	Rb	Rubidium	5,4520	0,2ppm	0,1ppm
90	Th	Thorium	1,0873	< 0,1ppm	(0,1)ppm
23	V	Vanadium	0,0000	< 1,0ppm	(0,0)ppm
51	Sb	Antimony	6,0236	< 3,0ppm	(0,0)ppm
52	Te	Tellurium	6,8443	< 3,0ppm	(0,0)ppm
53	I	Iodine	0,0000	< 3,0ppm	(0,0)ppm
55	Cs	Cesium	0,0000	< 4,0ppm	(0,0)ppm
56	Ba	Barium	0,0000	< 2,0ppm	(0,0)ppm
57	La	Lanthanum	0,0000	< 2,0ppm	(0,0)ppm
58	Ce	Cerium	0,0000	< 2,0ppm	(0,0)ppm
13	Al	Aluminium	7,4827	< 5,1ppm	(0,0)ppm
17	Cl	Chlorine	132,1288	< 2,0ppm	(0,0)ppm
74	W	Tungsten	0,0000	< 1,0ppm	(0,0)ppm
14	Si	Silicon	3,0082	< 1,0ppm	(0,0)ppm
48	Cd	Cadmium	0,9998	< 2,0ppm	(0,0)ppm
47	Ag	Silver	1,1888	< 2,0ppm	(0,0)ppm
12	Mg	Magnesium	0,0000	< 101ppm	(0,0)ppm
50	Sn	Tin	14,8078	< 3,0ppm	(0,0)ppm
Sum				0,98%	

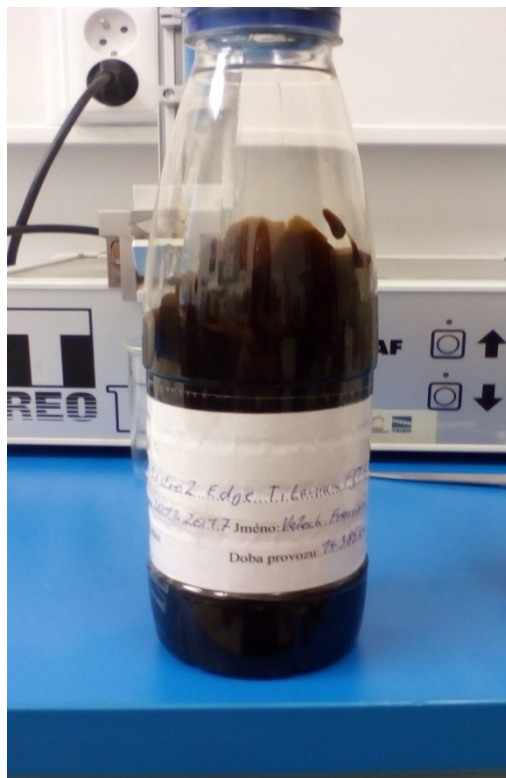
Příloha 12: Protokol prvkové analýzy vzorku ve 238 816 km

SPECTRO X-LabPro			Job Number: DIPLOMKY 2017/2018		
Sample Name		Velech motorový olej 238 816	Velech motorový olej 238 816		17.4.2018 14:13:51
Description			Method		TurboQuant-OLE/E
Z	Symbol	Element	Norm. Int.	Concentration	Abv. Error
20	Ca	Calcium	674,0282	3678ppm	7ppm
16	S	Sulfur	3524,5746	2896ppm	3ppm
15	P	Phosphorus	722,1789	1351ppm	3ppm
30	Zn	Zinc	11282,1982	1297ppm	1ppm
11	Na	Sodium	4,8664	< 1005ppm	(621)ppm
22	Ti	Titanium	27,2497	59,4ppm	0,6ppm
26	Fe	Iron	98,2995	21,6ppm	0,3ppm
27	Co	Cobalt	11,9791	19,7ppm	1,3ppm
73	Ta	Tantalum	50,4318	17,2ppm	0,5ppm
24	Cr	Chromium	14,8667	9,4ppm	0,8ppm
29	Cu	Copper	43,1440	7,1ppm	0,2ppm
72	Hf	Hafnium	15,6351	5,7ppm	0,3ppm
19	K	Potassium	1,2511	5,3ppm	0,7ppm
28	Ni	Nickel	22,9471	3,5ppm	0,1ppm
25	Mn	Manganese	10,0621	3,3ppm	0,2ppm
31	Ga	Gallium	28,9164	2,6ppm	0,1ppm
42	Mo	Molybdenum	6,4115	2,1ppm	0,1ppm
80	Hg	Mercury	6,5840	1,1ppm	0,2ppm
38	Sr	Strontium	38,0726	0,7ppm	0,1ppm
40	Zr	Zirconium	1,4899	0,5ppm	0,1ppm
32	Ge	Germanium	7,0289	0,5ppm	0,1ppm
35	Br	Bromine	10,0864	0,4ppm	0,1ppm
81	Tl	Thallium	3,5832	0,4ppm	0,1ppm
34	Se	Selenium	6,3737	0,4ppm	0,1ppm
41	Nb	Niobium	0,4519	< 0,3ppm	(0,3)ppm
39	Y	Yttrium	11,4614	0,3ppm	0,1ppm
82	Pb	Lead	2,8067	0,3ppm	0,1ppm
92	U	Uranium	4,5943	0,3ppm	0,1ppm
83	Bi	Bismuth	2,3538	0,2ppm	0,1ppm
33	As	Arsenic	3,4376	0,2ppm	0,1ppm
37	Rb	Rubidium	6,0664	0,2ppm	0,1ppm
90	Th	Thorium	2,2567	< 0,2ppm	(0,2)ppm
17	Cl	Chlorine	103,8311	< 2,0ppm	(0,0)ppm
51	Sb	Antimony	7,1217	< 3,0ppm	(0,0)ppm
52	Te	Tellurium	9,2920	< 3,0ppm	(0,0)ppm
53	I	Iodine	0,0000	< 3,0ppm	(0,0)ppm
55	Cs	Cesium	0,0000	< 4,0ppm	(0,0)ppm
56	Ba	Barium	4,8223	< 2,0ppm	(0,0)ppm
57	La	Lanthanum	0,0000	< 2,0ppm	(0,0)ppm
58	Ce	Cerium	0,0000	< 2,0ppm	(0,0)ppm
12	Mg	Magnesium	0,0000	< 101ppm	(0,0)ppm
13	Al	Aluminum	7,6133	< 5,1ppm	(0,0)ppm
74	W	Tungsten	0,0000	< 1,0ppm	(0,0)ppm
14	Si	Silicon	0,0000	< 1,0ppm	(0,0)ppm
48	Cd	Cadmium	1,3955	< 2,0ppm	(0,0)ppm
47	Ag	Silver	2,4633	< 2,0ppm	(0,0)ppm
23	V	Vanadium	0,0000	< 1,0ppm	(0,0)ppm
50	Sn	Tin	13,4985	< 3,0ppm	(0,0)ppm
Sum				1,00%	

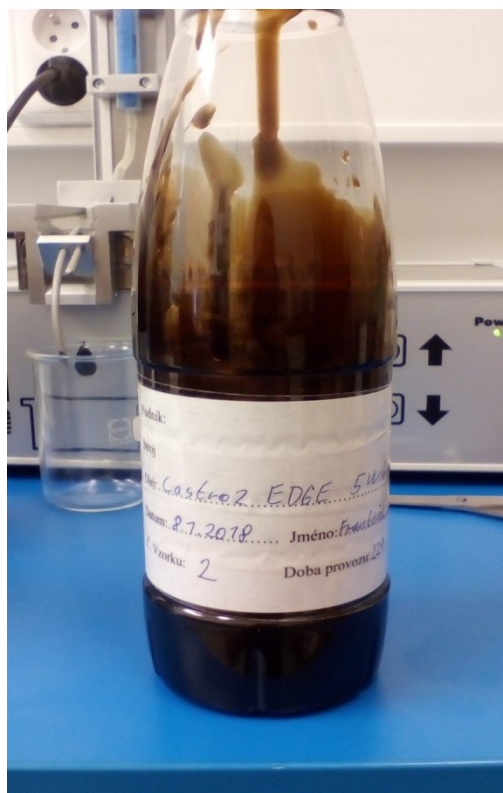
Příloha 13: Ukázka referenčního vzorku



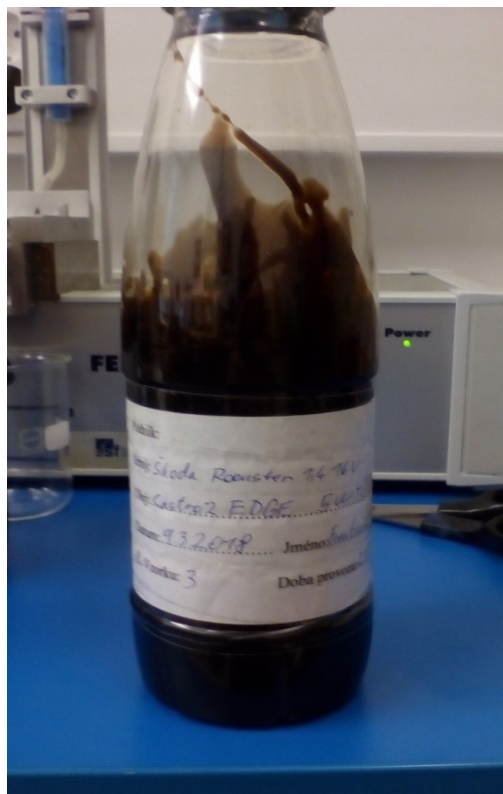
Příloha 14: Ukázka vzorku před výměnou olejové náplně ve 223 327 km



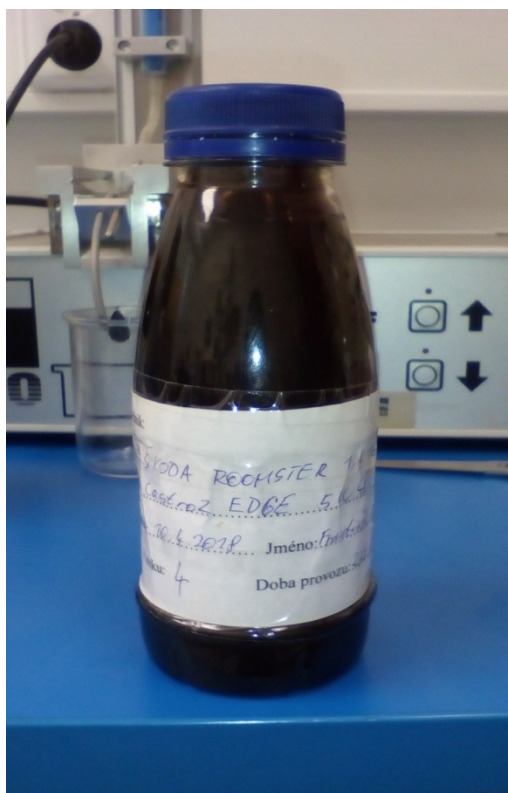
Příloha 15: Ukázka vzorku po ujetí 6 020 km (229 347 km)



Příloha 16: Ukázka vzorku po ujetí 12 369 km (235 696 km)



Příloha 17: Ukázka vzorku po ujetí 15 489 km (238 816 km)



Příloha 18: Ukázka informativního vzorku po ujetí 2 151 km (240 967 km)

